22. APRIL 1927 HEFT 17

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E. V.

Der Detektorempfänger als „Sender"

Von

Walter Kittlick.

In den folgenden Ausführungen wird die Sendewirkung des Detektorgerätes allgemeinverständlich erklärt als Wirkung des veränderlichen, auf die Antenne bezogenen Nutz- und Leitungswiderstandes, sowohl bei Telephon- als auch bei Mikrophonbesprechung. Gesichtspunkte für optimale Wirkung werden gegeben.

Die Tatsache, daß ein Detektorempfänger eine Sendewirkung ausüben kann, ist zwar zunächst überraschend, läßt sich aber ohne weiteres aus den Eigenschaften des Detektors und den Vorgängen beim Empfang elektrischer Wellen erklären. Schon wiederholt ist im „Funk-Bastler" auf diese bemerkenswerte Erscheinung hingewiesen worden[1]). In Heft 5 des „Funk", Jahr 1927, gibt Dr. Lübben bereits eine kurze Erklärung dieses Vorganges, und in den vorangehenden Ausführungen Dr. Hettichs ist wohl letzten Endes dasselbe gemeint.

Man findet leider immer wieder, daß sich in der Funktechnik, als einer jungen Wissenschaft, noch nicht so scharf ausgeprägte Begriffe (Denknormen, Vorstellungsbilder) herausgebildet haben wie etwa in der so festgefügten Physik, z. B. der klassischen Mechanik. Etwas erklären, heißt, es auf bekannte Grundbegriffe (Prinzipien) zurückführen. Haben sich jedoch diese Grundanschauungen selbst noch nicht genügend herauskristallisiert, d. h. sind sie noch nicht in dem Maße Gemeingut aller geworden, daß wir mit ihnen operieren können, ohne Mißverständnissen ausgesetzt zu sein, so stößt eine gegenseitige Verständigung auf Schwierigkeiten. Jeder denkt mit anderen Begriffen, man „redet aneinander vorbei". Aufgabe der Funkzeitschriften muß es aber sein, ihren Lesern klare Grundanschauungen zu vermitteln, mit deren Hilfe dann auch kompliziertere Erscheinungen leicht verstanden werden können. Bei allen Beschreibungen und Gedankengängen sind überflüssige Begriffe und Worte nach Möglichkeit zu vermeiden. Es muß eine Vereinheitlichung der funktechnischen Denk- und Darstellungsweise angestrebt werden. Daß dieses Ziel noch so wenig erreicht ist, muß man der überschnellen Entwicklung dieses jungen Wissenschaftszweiges zuschreiben.

Aufgabe des Verfassers soll es sein, in den folgenden Ausführungen eine vollständige Erklärung (keine neue Lösung) der Sendewirkung des Detektorempfängers zu geben, wobei wir beim Leser die wichtigsten Elementarkenntnisse voraussetzen, um uns einigermaßen knapp fassen zu können. Interessanterweise muß dabei auch die Frage der Antennenbeeinflussung (genauer: der Rückwirkung einer Empfangsantenne auf die Umgebung) berührt werden[2]).

Verfasser hatte bereits im August vergangenen Jahres einige Versuche unternommen, um sich Klarheit über die scheinbar rätselhafte Sendewirkung des Detektors zu verschaffen. Da bisher noch nicht veröffentlicht, so seien sie hier kurz beschrieben. Sie können von jedem Bastler leicht wiederholt werden, zumal da sie eindrucksvoller sind

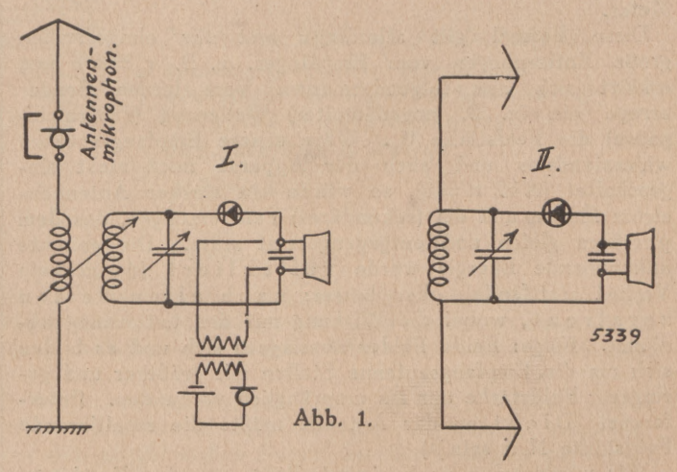


Abb. 1.

als die in Heft 38, S. 457, angegebenen. Bei diesen Versuchen stellte es sich heraus, daß im Prinzip kein Unterschied besteht zwischen der Besprechung des Telephons und der eines Antennenmikrophons, worauf bisher noch nirgends hingewiesen wurde.

Zunächst wurde mit zwei Detektorgeräten gearbeitet. Um jede Fehlerquelle durch gemeinsame Erdleitung auszuschließen, wurden beim ersten Versuch zwei vollkommen getrennte Antennensysteme verwendet, und zwar Gerät 1 an Hochantenne und Erde, Gerät 2 (im Nebenzimmer) an Zimmerantenne und Gegengewicht (Abb. 1). Beide Geräte (in guter Empfangslage) wurden, während der Ortssender arbeitete, auf diesen möglichst scharf abgestimmt. Wurde während der Programmpausen Telephon oder Antennenmikrophon (aus einem Feldgerät herrührend) von 1 „besprochen", so waren die Worte in 2 deutlich hörbar; sehr laut sogar, wenn bei 2 an Stelle des Detektorapparates ein Audion genommen wurde. Überbrückte Entfernung etwa 4 m. Mit einem Zweiröhrengerät konnte man im Nebenhaus an Hochantenne (Entfernung beider Antennen 30 m) unseren „Sprecher" leidlich verstehen, ja sogar in etwa 120 m Entfernung war unser „Sender" noch schwach hörbar. Nach diesem Erfolge

[1]) Vgl. Heft 8 des „Funk-Bastler", Jahr 1926, S. 93, Dr. Lübben: „Gegenseitige Beeinflussung von Antennen". Ferner: Heft 31, S. 372: „Sender ohne Hochfrequenz"; Heft 34, S. 402: „Der Detektor als — Fernsprecher"; Heft 38, S. 457, H. Kießig: „Der Detektorapparat als Sender"; Jahr 1927, Heft 5, S. 77, Dr. Hettich: „Der Detektor als Sender".

[2]) Vgl. auch die Aufsätze „Die gegenseitige Beeinflussung von Antennen" von Dr. Lübben, Heft 8, Jahr 1926, S. 93, und von O. Fulda, Heft 19, Jahr 1926, S. 230.

erschien es uns auch glaubwürdig, als uns ein Bekannter erzählte, daß drei Detektorhörer in einem Hause sich durch ihre Telephone miteinander unterhalten könnten, deren Antennen an einem Mast befestigt seien. (Natürlich nur, wenn der Ortssender in Betrieb war.) An Stelle des „besprochenen" Telephons konnte auch die Sekundärwicklung eines Sprechtransformators (6/200 Ohm) geschaltet werden, an dessen Primärwicklung Mikrophon und Element lag.

Wie kommt diese Sendewirkung nun zustande? — Volle Aufklärung gibt uns die Diskussion einer Formel, die wir in dem lesenswerten Heftchen von Rüdenberg, „Aussendung und Empfang elektrischer Wellen", Verlag Julius Springer, 1926, S. 37, finden. Wer für Formeln nicht zu haben ist, überschlage den folgenden Abschnitt.

Wir finden dort: Das Verhältnis der primären Feldstärke $\mathfrak{E}_1$ (vom Sender einfallend) zur sekundären Feldstärke (vom Strom in der Empfangsantenne herrührend) beträgt:

$$\frac{\mathfrak{E}_1}{\mathfrak{E}_2} = \frac{60\,\pi}{R + R_S} \cdot \frac{l_2^2}{\lambda \cdot r_2}.$$

Hierbei bedeuten: R = Widerstand der Antenne plus auf die Antenne bezogenem Apparatwiderstand. Letzterer ist durch die Antennenkopplung einstellbar.

$R_S = 80\,\pi^2 \left(\frac{l_2}{\lambda}\right)^2$ ist der Strahlungswiderstand der Empfangsantenne, der abhängt von der Antennenhöhe $H = \frac{l_2}{2}$ und der Wellenlänge λ. r_2 = Abstand des betrachteten Punktes von der Empfangsantenne. Alle Längenmaße in Meter.

Diese Formel gilt allerdings erst für einigermaßen große Entfernungen vom Empfänger, z. B. $r_2 = \lambda$[3]) und erklärt sich nun folgendermaßen: Vom fernen Sender errege ein (z. B. ungedämpfter) Wellenzug (Programmpause) die Feldstärke $\mathfrak{E}_1$. Wäre unsere Empfangsantenne widerstandslos und auch der Apparat noch nicht eingeschaltet (d. h. R = 0), so würde ein starker Antennenstrom fließen und ein (sekundäres) Feld erzeugen, das dem primären gleich und entgegengesetzt wäre. Die gesamte ankommende Energie würde reflektiert (da ja kein Verlust stattfände), oder besser: nach allen Seiten zerstreut, wobei die Wirkung mit der Entfernung abnimmt. Folge: Beide Felder überlagern sich und es bilden sich um die Empfangsantenne Stellen mit größerer und geringerer Feldstärke aus als ursprünglich vorhanden. (Interferenz! Dicht an der Antenne müßte die resultierende Feldstärke Null sein.)[4])

Wir wiederholen noch einmal: Rings um eine Empfangsantenne wird also von dieser das vom Sender hervorgerufene Feld beeinflußt (stellenweise verstärkt, stellenweise geschwächt, mit allen Zwischenwerten); mit zunehmender Entfernung von der Empfangsantenne wird diese Wirkung immer geringer. Dabei hat den stärksten Einfluß eine vollkommen ungedämpfte Antenne.

Betrachten wir jetzt nur den Detektorempfang bzw. Audion ohne Rückkopplung, so haben wir es stets mit einem Antennenwiderstand und einem nützlichen und schädlichen Apparatwiderstand zu tun (alles zum Gesamtwiderstand R zusammengefaßt). Infolge dieses Widerstandes R wird natürlich der Strom in der Antenne kleiner (als im Idealfall), und damit natürlich auch das sekundäre Feld, d. h. die Rückwirkung auf die Umgebung.

Unser Bestreben muß es sein, möglichst viel Leistung aus dem einfallenden Felde herauszusaugen. Bei einem bestimmten Werte von R erhalten wir die größte Leistung (wobei allerdings nur ein Teil davon in nutzbare akustische Leistung umgesetzt wird. Der Rest geht größtenteils als Wärme verloren), und zwar dann, wenn $R = R_S$ gemacht wird. Denn der Strahlungswiderstand R_S der Antenne kann gleichsam als der „innere Widerstand" des energieliefernden Feldes betrachtet werden, R aber als der „äußere Widerstand" der angeschalteten Apparatur. Nach einem bekannten Satze erhält man die größte Leistung aus einer Stromquelle, wenn man inneren und äußeren Widerstand einander gleich macht, mit dem maximalen Wirkungsgrad von 50 v. H. Das gleiche ist bei unserem Empfänger der Fall. Bei optimaler Einstellung, d. h., wenn man, etwa durch Verändern der Antennenkopplung, $R = R_S$ gemacht hat, lassen sich höchstens 50 v. H. ausnutzen. Die anderen 50 v. H. werden wieder ausgestrahlt. Damit sinkt die Rückwirkung der Antenne auf das umgebende Feld auf die Hälfte (gegenüber derjenigen bei reiner Zerstreuung für R = 0)[5]).

Für den Abstand einer Wellenlänge von der Empfangsantenne errechnet sich aus obiger Formel ein Verhältnis $\frac{\mathfrak{E}_1}{\mathfrak{E}_2} = \frac{3}{8\,\pi}$ (für $r_2 = \lambda$ und $R = R_S$). Das bedeutet: Das Einschalten eines Detektorempfängers kann die Feldstärke an einer anderen Antenne, die um eine Wellenlänge entfernt ist, im äußersten Falle um 12 v. H. ändern (vermindern bzw. verstärken), in 12 Wellenlängen Entfernung noch um 1 v. H. Näher an der Antenne entsprechend mehr (bis 50 v. H.); doch versagt hier die Rechnung (s. o.). Diese Werte erscheinen auf den ersten Blick beträchtlich. Jedoch beachte man, daß sich mit dem Telephon am Ohr eine Stromänderung von 25 v. H., d. h. eine Leistungsänderung von 56 v. H., gerade eben heraushören läßt.

Aus diesem Grunde hat wohl, trotz des zahlenmäßig großen Einflusses, praktisch bisher noch niemand eine Änderung in der Lautstärke seines Empfängers bemerkt, wenn sein Nachbar den Detektorapparat einschaltete (von Röhrenapparaten abgesehen). Denn dieser Einfluß, umgekehrt proportional der Summe $R + R_S$, ist konstant. Anders dagegen, wenn unser Nachbar periodisch seinen Gesamtwiderstand R ändert. Dann ändert sich im gleichen Rhythmus das sekundäre Feld in der Umgebung. Wellenzüge wechselnder Intensität $\Delta\mathfrak{E}'_2$ treffen unsere Antenne, es ist derselbe Effekt, als ob vom Sender modulierte Wellen einfallen, nur sind die Intensitätsschwankungen bedeutend geringer, die Reichweiten klein.

Diese „Modulation" kann auf zwei verschiedene Arten erreicht werden. Entweder man schaltet in die Antenne ein Mikrophon, dessen Widerstand durch Besprechen geändert wird; damit ändert sich der gesamte Widerstand R, somit der Antennenstrom und die Rückwirkung auf die Umgebung. Oder aber, an jedem Apparat ohne weiteres auszuführen, man bespricht das Telephon des Detektorempfängers; dieses erzeugt einen Wechselstrom, der den Arbeitspunkt des Detektors im gleichen Rhythmus hin und her schiebt. Da das Charakteristikum des Detektors seine Widerstandsabhängigkeit von der aufgedrückten Spannung ist, so ändert sich also im Mittel der Widerstand desselben, damit auch der Widerstand der Apparatur, und es wird ebenfalls R beeinflußt. Es ist gleichgültig, ob die Vorspannung zur Veränderung des Detektorwiderstandes vom Telephon geliefert wird oder an dessen Stelle Transformator und Mikrophon tritt (Abb. 2).

Das Wesentliche bei der Erscheinung ist also, mit Hörfrequenz eine Widerstandsänderung ΔR in der Antenne hervorzurufen, wobei ein beliebiger Sender, dessen Entfernung keine Rolle spielt, wenn nur seine Intensität groß genug ist, die Aufgabe hat, eine noch unmodulierte Trägerwelle zu liefern. Gegensprechen ist bei beiderseitiger guter Antenne ohne weiteres möglich.

[3]) Bei geringerer Entfernung versagen einfache Rechnungen, sind auch anscheinend bisher noch nicht bekannt.

[4]) Eine treffende Analogie bietet das am Ende kurzgeschlossene Kabel (bzw. Lecherdrähte). Eine ankommende Welle wird vollkommen reflektiert, die Spannung wird an dieser Stelle Null (stehende Wellen). Einschaltung eines Widerstandes größer als Null ergibt teilweise Reflexion. Dies entspräche der Einschaltung einer Antenne mit dem Nutz- und Leitungswiderstand R.

[5]) Bei Rückkopplung kann $R \approx 0$ werden.



Verfehlt wäre z. B., wollte man in die Antenne statt des Mikrophons ein Telephon schalten oder, um die Mikrophonwirkung zu verstärken, an dieser Stelle Transformator und Mikrophon nehmen. In beiden Fällen hätte man zwar eine Wechselspannung an der Antenne liegen, aber der Antennenwiderstand würde dadurch nicht geändert.

Zwecklos wäre es auch, hinter den Detektor (an Stelle des Telephons) ein Mikrophon zu setzen. Denn der Detektor besitzt einen Widerstand von mehreren tausend Ohm, und die Widerstandsänderung durch Besprechen des Mikrophons an dieser Stelle wäre prozentual viel zu gering (schlechte Anpassung).

Ferner erkennt man, daß der Detektor überflüssig, ja schädlich ist, wenn mit Mikrophonbesprechung gearbeitet wird. Andererseits ist es nicht angängig, den D e t e k t o r, obgleich er als veränderlicher Widerstand zu funktionieren hat, durch ein M i k r o p h o n zu ersetzen, weil dann infolge des relativ geringen Mikrophonwiderstandes (5 bis 100 Ohm) der Schwingungskreis praktisch kurzgeschlossen würde. Diese Hinweise wurden gegeben, um zwecklosen Versuchen der Bastler in dieser Richtung vorzubeugen.

Zur Erzielung möglichst großer Reichweiten erscheint das Mikrophon am vorteilhaftesten; dabei sollte sein Widerstand aus Gründen der Anpassung ungefähr gleich der Summe $R + R_S$ sein, d. h. etwa 5 bis 10 Ohm betragen[6]. Der Detektor sollte eine möglichst steile Charakteristik besitzen. Ferner ist die Reichweite um so größer, je größer die benutzte Wellenlänge ist.

Interessant wäre noch die Frage, ob diese Art der Nachrichtenübermittlung juristisch unter den Begriff des „Sendens" fällt. Denn ein Ausstrahlen von Energie im eigentlichen Sinne findet nicht statt. Es ist vielmehr eine Art „negative Strahlung". Ob der Gesetzgeber auch diese Möglichkeit schon mit einbezogen hat?

Zum Schluß noch die Frage Dr. Hettichs: „Wie kommt es, daß die Audionröhre keinen analogen Effekt gibt?" Die Antwort ist jetzt leicht. Bei einem Audion ändert sich der Widerstand des Empfangsapparates bzw. der Strom, der aus der Antenne entnommen wird, in keiner Weise, ob man das Telephon bespricht oder nicht. Eher wäre es möglich, das Telephon in den Gitterkreis zu legen, doch infolge des hohen wirksamen Gitterwiderstandes wird sich der Gesamtwiderstand R hierdurch wohl noch zu wenig ändern. Anders liegt der Fall, wenn ein so hoher Gitterstrom fließt, daß der wirksame Gitterwiderstand in die Größenordnung des Widerstandes eines Detektors käme. Dagegen wird wohl ein Mikrophon in der Antenne die gleiche oder sogar bessere Wirkung haben, als beim Detektorempfänger, besonders wenn man durch Rückkoppeln $R \approx 0$ macht und der Mikrophonwiderstand gleich dem Strahlungswiderstand ist. Würde man die Rückkopplung bis zum Einsetzen der Eigenschwingungen steigern, so hätte man damit einen primitiven selbständigen Sender, der aber dem Sendeverbot unterliegt.

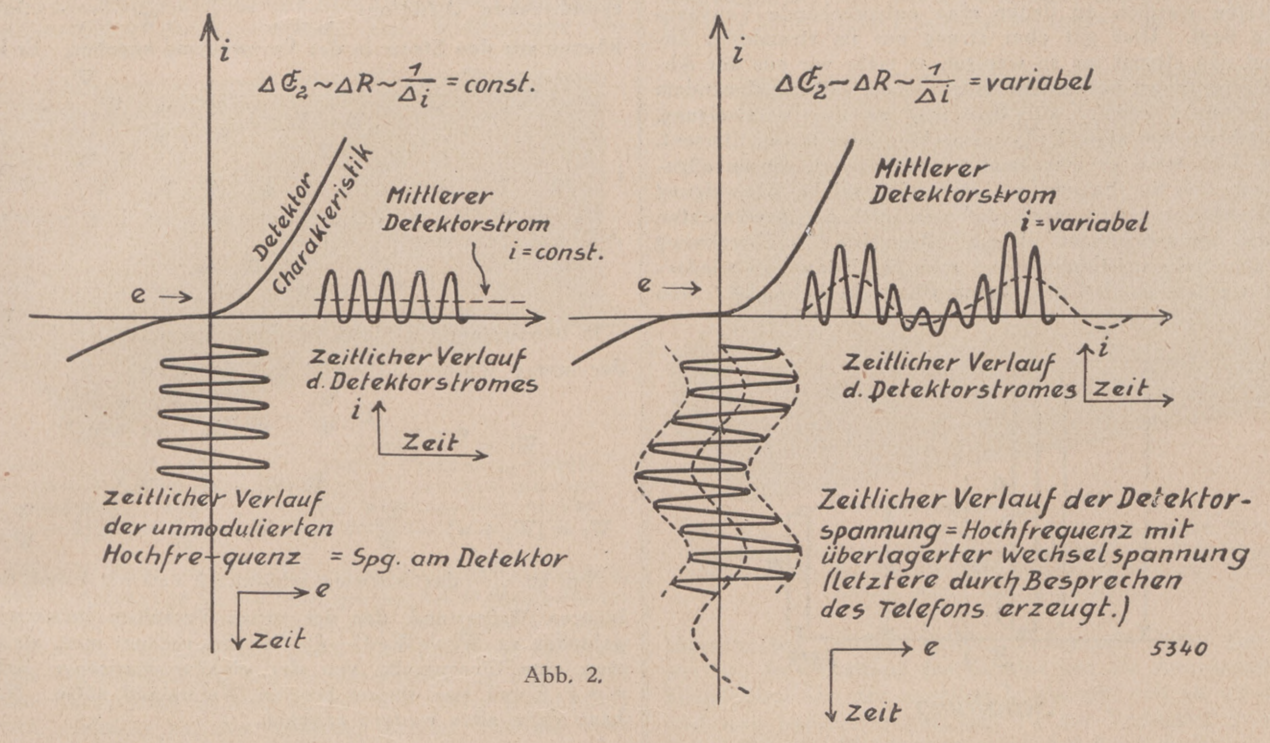


Abb. 2.

Wir haben bei unserer Erklärung den für Laien relativ schwierigen Begriff der Dämpfung weggelassen und dafür nur den anschaulichen Begriff des Widerstandes verwendet und hoffen, mit vorstehenden Zeilen etwas zur Aufklärung über eine Erscheinung beigetragen zu haben, die an sich sehr interessant und bemerkenswert ist, sich aber zwanglos aus einigen wenigen Grundtatsachen ableiten läßt.

Normungsbestrebungen im anerkannten Rundfunk. Das amerikanische „Engineering Standard Committee" will mit Unterstützung des „Institute of Radio Engineers" und des „Institute of Electrical Engineers", der führenden beiden Fachverbände, die Frage einheitlicher Bezeichnungen für Rundfunkteile aufnehmen. Dem für diesen Zweck ernannten Ausschuß sind Mitglieder von acht verschiedenen Zweigen der Rundfunkindustrie beigetreten, die über den Rahmen der einheimischen Industrie hinaus eine internationale Verständigung in bezug auf die Benennung und zu einem gewissen Grade auch auf die Beschaffenheit der Teile von Apparaten, Batterien und Röhren herbeiführen wollen.

Versuche bei der Sonnenfinsternis am 29. Juni. Während der letzten totalen Sonnenfinsternis in New York im Januar 1925 haben einige Sendestationen spezielle Versuche gesendet, die einen ganz besonders weitreichenden Empfang ergaben. Bei der Sonnenfinsternis am 29. Juni d. J. wird sowohl die B. B. C. als auch amerikanische Sendestationen besondere Sendungen veranstalten, um den Einfluß dieses Naturereignisses auf den Rundfunkempfang zu erforschen.

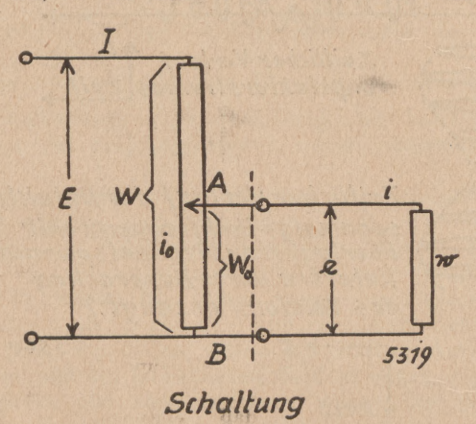
[6]) Bei einer Hochantenne, Höhe 12,5 m, d. h. $l = 25$ m, beträgt R_S für eine Wellenlänge von 294 m 5,7 Ohm; für 484 m 2,1 Ohm; für 1300 m 0,3 Ohm.



Die rechnerische Behandlung der Potentiometerschaltung

Von
Wolfgang Kautter.

Was ein Potentiometer ist, dürfte allgemein bekannt sein: von einem Widerstand, der an einer Stromquelle liegt, die praktisch ohne inneren Widerstand ist, können Teile abgegriffen werden, an denen eine entsprechende Teilspannung liegt. Dies gilt aber streng nur im stromlosen Zustand und stimmt um so weniger, je mehr wir aus der Abzweigung Strom herauszunehmen suchen. Mit zunehmendem Strom sinkt nämlich die Spannung an der Verzweigung, ähnlich wie bei einer Dynamomaschine oder einem Element. Und doch wäre es manchmal wünschenswert, diesen allgemeinen Fall zu rechnen, um etwa eine solche Abzweigung so konstruieren zu können, daß man auch den gewünschten Strom herausbekommt. Diese allgemeine Durchrechnung ist aber sehr umständlich und muß für jeden Fall wiederholt werden, so daß man keine Übersicht bekommt. Nun



Schaltung

legt aber die Tatsache, daß sich eine Abzweigung bei Belastung genau so verhält wie ein Element, d. h. einen Spannungsabfall aufweist, der bei diesem durch den inneren Widerstand verursacht ist, die Vermutung nahe, daß sich vielleicht rechnerisch für die Abzweigung auch ein innerer Widerstand finden läßt, der diesen Spannungsabfall beherrscht. Er wird selbstverständlich nur eine Rechengröße sein, die sich nicht irgendwo in der Schaltung suchen läßt, aber mit seiner Hilfe werden wir in der Lage sein, sämtliche vorkommenden Verhältnisse bequem überblicken und rechnen zu können. Dieser nur gedachte innere Widerstand hat aber natürlich nur einen Sinn, wenn er von der eingeschalteten Belastung unabhängig ist, wie ein richtiger Ohmscher Widerstand. Der Gedankengang der Ableitung ist nun folgender: Man denkt sich eine beliebige Belastung eingeschaltet und bestimmt dann den Gesamtwiderstand im Batteriekreis, daraus den Strom und schließlich den Teilstrom durch die Verzweigung und die Spannung an der Verzweigung. Da man die Spannung an der unbelasteten Verzweigung kennt, ist der innere Widerstand in bekannter Weise gegeben durch $W_i = \frac{e - u}{i}$. Der Versuch ist geglückt, wenn darin die Belastung w nicht mehr vorkommt.

Der Gesamtwiderstand im Batteriekreis (Bezeichnungen nach der Abbildung) ist $R_0 = (W - W_0) + \frac{W_0 \cdot w}{W_0 + w}$. Unter dem Einfluß der Spannung E stellt sich daher ein Strom $I = \frac{E}{W - W_0 + \frac{W_0 \cdot w}{W_0 + w}}$ ein.

Zwischen A und B verzweigt sich der Strom in zwei Teile, von denen einer durch die Abzweigung fließt. Nach Kirchhoff gilt für diese Teile $\frac{i}{i_0} = \frac{W_0}{w}$ oder durch korrespondierende Addition: $\frac{i}{i_0 + i} = \frac{i}{I} = \frac{W_0}{W_0 + w}$. Jetzt können wir den Strom in der Verzweigung angeben. Es ist:

$$i = \frac{W_0}{W_0 + w} \cdot I = \frac{E}{(W - W_0) + \frac{W_0 \cdot w}{W_0 + w}} \cdot \frac{W_0}{W_0 + w}$$

$$i = \frac{E \cdot W_0}{(W - W_0)(W_0 + w) + W_0 \cdot w} = \frac{E \cdot W_0}{W \cdot W_0 - W_0^2 + W \cdot w}.$$

Da der Widerstand der Abzweigung w ist, liegt zwischen A B eine Spannung

$$u = i \cdot w = \frac{E \cdot W_0 \cdot w}{W(W_0 + w) - W_0^2}.$$

In unbelastetem Zustand ist diese Spannung $e = E \cdot \frac{W_0}{W}$; der innere Widerstand ergibt sich daher zu

$$W_i = \frac{e - u}{i} = \frac{E \cdot \frac{W_0}{W} - \frac{E \cdot W_0 \cdot w}{W(W_0 + w) - W_0^2}}{\frac{E \cdot W_0}{W(W_0 + w) - W_0^2}}$$

$$W_i = (W_0 + w) - \frac{W_0^2}{W} - w = W_0 - \frac{W_0^2}{W} = W_0\left(1 - \frac{W_0}{W}\right).$$

Nun ist $\frac{W_0}{W}$ das Abzweigverhältnis ξ und wir haben den inneren Widerstand, der das ganze Verhalten beherrscht, gefunden zu $W_i = W_0 \cdot (1 - \xi)$. Mit ihm rechnet man, als ob man eine Stromquelle von der elektromotorischen Kraft $e = \xi \cdot E$ und von diesem inneren Widerstand hätte. Man kann dann alles weitere angeben.

Beispiel: $E = 200$ V, $W = 80\,\Omega$, $\xi = \frac{1}{4}$, dann ist $e = \xi \cdot E = 50$ V und $W = \frac{80}{4} \cdot \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 15\,\Omega$. Bei einer Belastung mit 10 Ohm fließt in der Abzweigung ein Strom $i = \frac{e}{W_i + w} = \frac{50}{15 + 10} = 2$ A. Der höchste Strom, den man der Abzweigung entnehmen kann, ist $I_{max} = \frac{50}{15} = 3{,}3$ A.

Der neue Vorstand des Verbandes der Funk-Industrie. Dieser Tage fand die Mitgliederversammlung des Verbandes der Funk-Industrie E. V. statt. Der Konsolidierungsprozeß in der Funkindustrie hat weitere erhebliche Fortschritte gemacht: die Zahl der Firmen, die Röhrenempfangsgeräte herstellen, hat sich weiter wesentlich vermindert, während die Produktion im Jahre 1926 eine nicht unbeträchtliche Steigerung erfahren konnte. Der neue Vorstand wurde wie folgt zusammengesetzt: Vorsitzender: Wilcke (Ferd. Schuchhardt A.-G.), stellv. Vors. Dr. Seibt, Schatzmeister Schoenberg (Radiophon Company); Beisitzer: Bohl (C. J. Vogel, Draht- u. Kabelwerke A.-G.), Gottschalk (Aronwerke Elektrizitäts-Ges. m. b. H.), Lesser (Isaria-Zählerwerke A.-G.), Lootze, Mackenroth (Deutsche Telephonwerke u. Kabelindustrie A.-G.) und Uffel (Telefonfabrik A.-G. vorm. J. Berliner). — Neben dem Vorstand wurde eine technische Kommission bestellt: Dr. Seibt, Vors., Falkenthal, stellv. Vors., Beisitzer Gottschalk, Dr. Lertes, Lehninger, Milde und Röver. — Privatdozent Dr. Walter Burstyn, der Jahre hindurch den Verband der Funk-Industrie als Vorsitzender geleitet hat und dem der wärmste Dank der Mitgliederversammlung für seine selbstlose Tätigkeit zum Ausdruck gebracht wurde, wird auch in Zukunft mit der Leitung der technischen und patentrechtlichen Arbeiten des Verbandes der Funk-Industrie betraut werden.

Preisgekrönte Sende-Empfangsgeräte

Ein Bastler-Wettbewerb der Rundfunkgruppe des Telefunkenkonzerns.

Von

Dr. W. Heinze.

Mit der Aufgabe für diesen Wettbewerb ist die Rundfunkgruppe des Telefunkenkonzerns zum ersten Male über den Rahmen des Gewöhnlichen hinausgegangen. Alle bisher veröffentlichten Preisausschreiben und Wettbewerbe be-

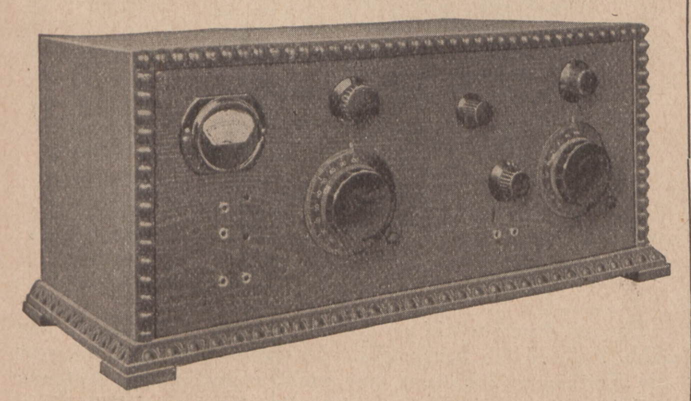


Abb. 1 a. Links der Sender (großer Drehknopf: Senderabstimmung); rechts der Empfänger mit dem Abstimmungskondensator. Links daneben die Rückkopplung, darüber die Antennenkopplung.

schränkten sich auf den Bau von Rundfunkempfängern, wobei in Anlehnung an die Bedingungen der Heinrich-Hertz-Gesellschaft die Zahl der Röhren usw. dem freien Ermessen des Bastlers anheimgestellt blieb. Die Hoffnung, auf diese Weise die Entwicklung des Empfängerbaues in irgendeiner Weise beeinflussen zu können, hat sich bisher leider nicht erfüllt, vielmehr hat die Erfahrung gezeigt, daß die Teilnehmer sich fast stets darauf beschränkt haben, altbekannte Apparate nachzubauen ohne dabei sowohl in bezug auf Leistung als in bezug auf die Anordnung irgend etwas Neues zu bringen. Die R. G. T. hat aus dieser Erfahrung gelernt und statt dessen eine engumgrenzte bisher noch nicht gelöste Aufgabe gestellt. Sie bestand in der Schaffung eines

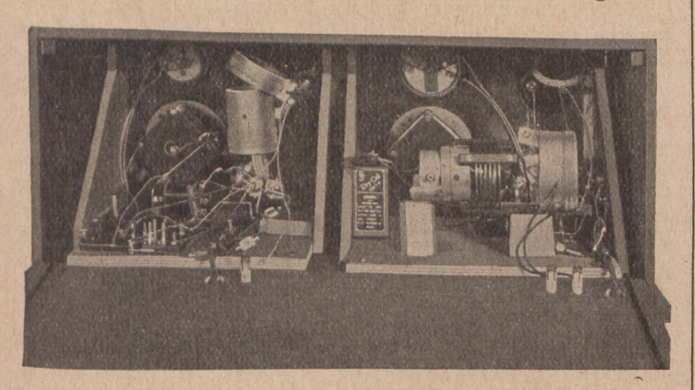


Abb. 1 b. Links der Empfänger, rechts der Sender. Von der Batterie die erste Spulenanordnung rechts: Veränderliche Rückkopplung zur Konstanthaltung des Schwingkreisstromes. Ganz rechts die beiden Klemmen: Antennenkopplung.

gemeinsamen aus Sender und Empfänger bestehenden Gerätes. Für lange Wellen ist die Lösung dieser Aufgabe bekannt, es handelte sich also im vorliegenden Falle um die Schaffung eines solchen Gerätes auch für kurze Wellen, und zwar war als Wellenbereich ein solcher von 40 bis 50 m kontinuierlich festgesetzt worden. Außerdem war die Größe des Gerätes beschränkt auf einen Umfang von 30 × 50 × 20 Zentimeter.

Durch die Vorschrift, daß als Röhren RE 79 und RE 89 verwendet werden mußten und durch die Beschränkung der Röhrenzahl auf vier, war die erzielbare Sendeleistung natürlich sehr klein, zumal eine Anodenspannung von 100 Volt nicht

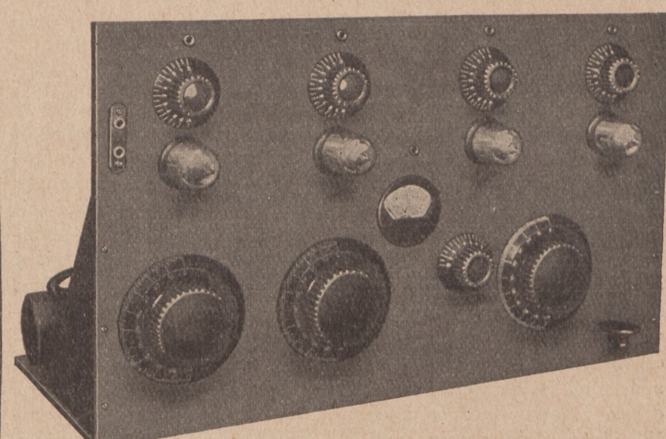


Abb. 2 a. Links der Empfänger, rechts der Sender. Erster Drehknopf (unten): Rückkopplung; zweiter: Empfängerabstimmung; dritter (großer): Senderabstimmung. Ganz rechts unten die Sendetaste.

überschritten werden durfte. Freigestellt blieb den Bewerbern die Schaltung des Gerätes und die Anordnung der Einzelteile. Um die erzielten Leistungen voll zu würdigen muß man berücksichtigen, daß die zur Verfügung gestellte Zeit verhältnismäßig kurz war und daß die Aufgabe ein Einfühlen in das dem Bastler im allgemeinen ferner liegende Gebiet der kurzen Wellen und insbesondere das des Senderbaues erforderte. Um so erfreulicher war es, daß immerhin elf Geräte zur Prüfung eingingen.

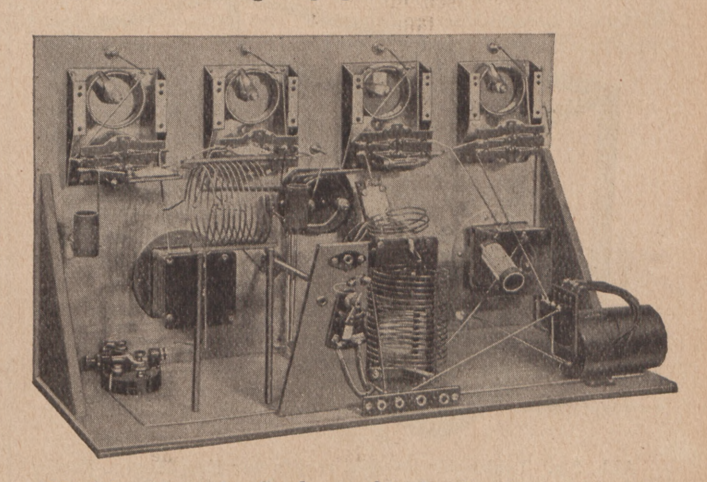


Abb. 2 b. Links der Sender, rechts der Empfänger; ganz vorn in der Mitte: Umschalter für Senden auf Empfang.

Die Schaltungen zeigten im allgemeinen mit zwei Ausnahmen nichts Besonderes. Im Empfänger hatte sich die überwiegende Mehrzahl der Bewerber für das einfache Audion mit kapazitiver Rückkopplung nach Leithäuser entschieden, drei verwendeten das Audion mit der gewöhnlichen induktiven Rückkopplung, und nur einer hatte sich zur Anwendung von einer Stufe Hochfrequenz entschlossen. War hierbei das Bild also ziemlich einheitlich, so änderte es sich

in bezug auf die Senderschaltung. Hier waren so ziemlich alle Arten vertreten, angefangen von der induktiv-aperiodischen Schaltung bis zur Rückkopplung durch die Anodengitterkapazität. Die Hälfte aller Bewerber verwendete dabei zwei Röhren im Gegentakt, die andere Hälfte schaltete zwei Röhren parallel. Als Besonderheit fiel eine Schaltung auf, die mit einem fremderregten Sender arbeitete, und zwar war sowohl der Haupt- wie auch der Steuersender in Gegentaktschaltung ausgeführt. In Anbetracht der Schwierigkeiten, die der Bau eines fremdgesteuerten Senders für kurze Wellen mit sich bringt, waren die Leistungen des Gerätes sehr gut. Durch zweckmäßigere Verteilung auf den zur Verfügung gestellten Raum hätte sich jedoch sicher eine beträchtliche Energievermehrung erzielen lassen.

Die weitaus besten Ergebnisse, die die aller übrigen eingesandten Geräte weit in den Schatten stellten, ergab das in den Abb. 1 a und 1 b in der Vorder- und in der Rückansicht abgebildete Gerät, dem deshalb auch der erste Preis zuerkannt wurde. Der Empfänger, der sich auf der rechten Seite des Gehäuses befindet, besteht aus einem Audion mit der gewöhnlichen induktiven Rückkopplung und nachfolgender Niederfrequenzverstärkung. Die Antenne ist nicht abgestimmt und veränderlich mit dem Gitterkreis koppelbar. Der Sender, der die linke Seite des Kastens einnimmt, verwendet zwei parallel geschaltete Röhren in induktiv-aperiodischer Rückkopplung, d. h. zur Zuführung der Gitterspannung ist nur eine induktiv gekoppelte Spule vorhanden, deren Eigenwelle zusammen mit der Gitter-Kathodenkapazität stets kleiner sein muß als die kürzeste Betriebswelle. Der bei dieser Schaltung auftretende Übelstand, daß bei konstant gehaltener Rückkopplung der Strom im Schwingkreis nicht konstant bleibt wenn die Wellenlänge geändert wird, hat den Erbauer veranlaßt, nach einer Abhilfe zu suchen. Die Lösung besteht darin, daß die Rückkopplung zwangläufig mit der Kondensatorstellung veränderlich gemacht wird. Zu diesem Zwecke ist die Gitterspule als Variometer ausgebildet, dessen drehbarer Teil mit der verlängerten Kondensatorachse verbunden ist, so daß also durch die Drehung des Anodenkondensators zwangläufig eine Änderung der Rückkopplung innerhalb gewisser Grenzen herbeigeführt, und auf diese Weise der Strom im Schwingkreis konstant gehalten wird. Der feste Teil des Variometers bleibt stets fest mit der Anodenspule gekoppelt. Um Antennen verschiedener Länge verwenden zu können, ist die Antenne in zwei Stufen ankoppelbar. Gesendet wird durch Verstimmung, indem durch das Drücken der Taste ein Widerstand kurzgeschlossen und durch die auftretende Belastungsänderung eine Frequenzänderung herbeigeführt wird. Dieses Verfahren wird im allgemeinen allerdings nur bei größeren Sendern angewandt, hier soll es eine Tonänderung infolge des Tastens verhindern. Alles in allem erweist sich das Gerät als mit außerordentlicher Sorgfalt durchkonstruiert und ausprobiert.

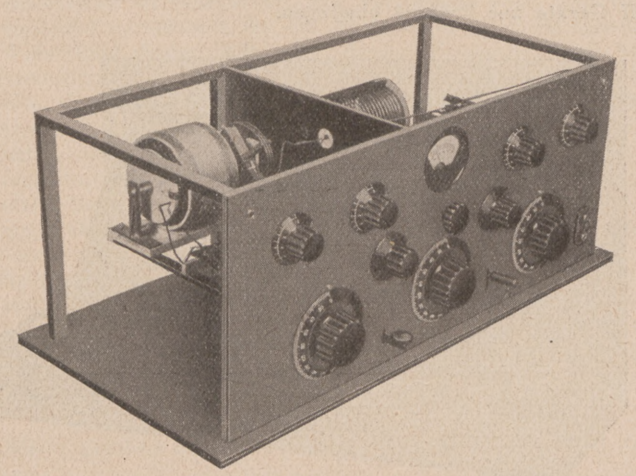


Abb. 3 a. Links der Sender, rechts der Empfänger. Erster Drehknopf: Senderabstimmung; dann folgt die Sendetaste, die Empfängerabstimmung, der Umschalter Senden—Empfang, und der Drehknopf für die Rückkopplung.

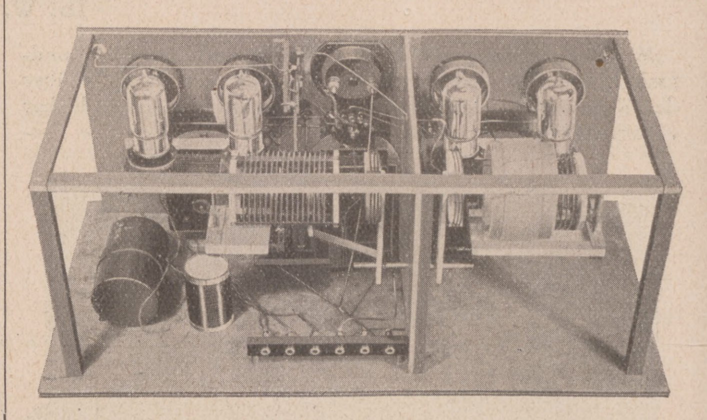


Abb. 3 b. Links der Empfänger, rechts der Sender.

Das mit dem z w e i t e n P r e i s bedachte Gerät ist in den Abb. 2 a und 2 b dargestellt. Es verwendet im Empfänger die Leithäuser-Schaltung mit nicht abgestimmter Antenne und im Sender die Dreipunktschaltung mit zwei Röhren in Gegentakt. Auch die mit diesem Gerät erzielbaren Leistungen waren als gut zu bezeichnen. Der Konstrukteur hat versucht, das Umschalten von Sender auf Empfang in der kleinstmöglichen Zeit auszuführen, indem er das Umschalten durch die Antennenkopplungsvorrichtung in der Weise besorgen ließ, daß bei Kopplung der Antennenspule mit dem Empfangskreis die Senderheizung aus- und die Empfängerheizung selbsttätig eingeschaltet wurde und umgekehrt bei Kopplung der Antennenspule mit dem Sendekreis. Die Konstruktion dieses Umschalters ist aus der Abb. 2 b ersichtlich.

Das in den Abb. 3 a und 3 b wiedergegebene Gerät, das den d r i t t e n P r e i s erhielt, verwendet ebenfalls im Empfänger die Leithäuser-Schaltung mit kapazitiver Rückkopplung und im Sender die aperiodisch-induktive Rückkopplung mit zwei Röhren in Gegentaktschaltung. Seine Leistungen waren mit denen des zweiten etwa gleichwertig, die Bedingungen insofern jedoch nicht ganz erfüllt, als der Wellenbereich einige Meter zu tief lag. Besonderheiten sind an dem Gerät nicht weiter festzustellen. Nur seine außerordentlich saubere mechanische Ausführung ist bemerkenswert.

Es ist vielleicht kein Zufall, daß die besten Geräte das Sendegerät von dem Empfangsgerät getrennt aufwiesen, daß dagegen alle die Geräte, die dieselben Röhren als Sender und Empfänger gleichzeitig benutzten, wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielten. Die Umschalter, die in letzterem Falle angebracht werden müssen, wirken in den meisten Fällen als kapazitive Nebenschlüsse und machen dadurch die ganze Wirksamkeit zunichte. Bei einigen Geräten war auch z. B. die Taste direkt in die Gitterleitung gelegt, die Erbauer waren sich wohl nicht ganz klar darüber, welche große Erdkapazität dadurch hineinkam, in einigen Fällen konnte infolgedessen der Sender kaum zum Schwingen gebracht werden.

Im allgemeinen ließ sich feststellen, daß die Bewerber sich mit außerordentlich viel Liebe zur Sache (die mechanische Ausführung ließ bei keinem der Geräte etwas zu wünschen übrig) und teilweise mit sehr großem Verständnis in die gestellte Aufgabe vertieft hatten.

Möge das Beispiel der R. G. T. auch andere Gruppen und Vereine anreizen, die bisher übliche Methode der Wettbewerbe zu verlassen und ihren Mitgliedern neue Wege zu weisen, damit auf diese Weise das Interesse wachgehalten und neues geweckt wird.

Ein besonders kleiner Ultradyne=Empfänger

Unter Verwendung von Eisenkern-Zwischenfrequenztransformatoren.

Von

E. Scheiffler.

Um ein eigenes Urteil über die in Amerika und England sehr beliebten Eisenkern-Zwischenfrequenztransformatoren (vgl. Aufsatz des Verf. in Heft 27 des „Funk", Jahr 1926) zu gewinnen, beschloß ich vor einiger Zeit, einen derartigen Empfänger zu bauen, dessen Schaltung und Bauplan im folgenden ausführlich beschrieben werden soll.

Unter Benutzung aller in der Zwischenzeit durch die Praxis erworbenen Erfahrungen gelang es mir, ein Gerät zu bauen, das sich durch sehr geringen Raumbedarf und vor allem durch vorzügliche Selektivität auszeichnet und in mehrfacher Hinsicht von der üblichen auch bei meinem ersten Ultradyne verwendeten Schaltung abweicht.

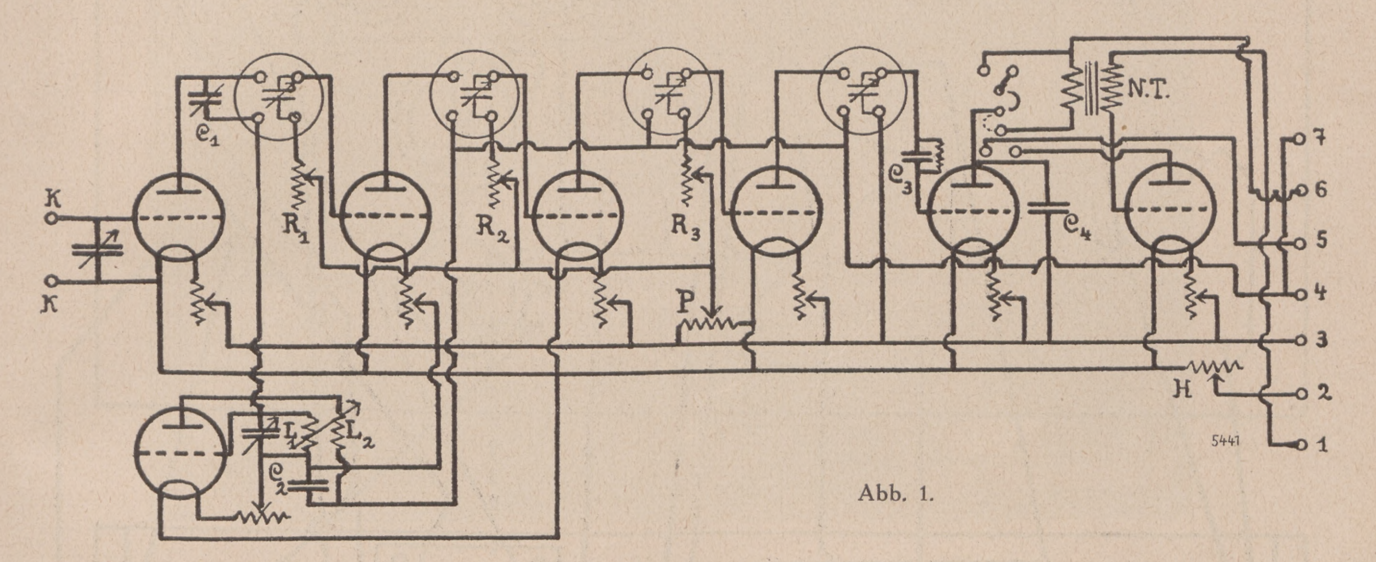


Abb. 1.

Ab. 1 zeigt das theoretische Schaltbild, als dessen wesentlichsten Merkmale die Benutzung einer veränderlichen Kopplung der Oszillatorspulen L_1 und L_2 sowie Verwendung von drei besonderen Drehwiderständen R_1, R_2, R_3 in den Gitterzuleitungen der Zwischenfrequenzröhren außer dem üblichen Potentiometer P hervorzuheben wäre. Die Fortführung der seinerzeit in Heft 38 des „Funk" beschriebenen Untersuchungen des Zwischenfrequenzteiles von Überlagerungsempfängern bestätigte immer wieder die damals geäußerte Behauptung, daß es in erster Linie notwendig sei, gerade diesem Teil erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen. So entstand allmählich die jetzige Anordnung, bei der die Gitterspannungen der Zwischenfrequenzröhren durch das gemeinsame Potentiometer P und weiter durch die einzelnen Drehwiderstände besonders fein eingestellt werden können.

Für den Anschluß der Batterien sind sieben Klemmen vorgesehen mit folgender Bedeutung: 1 = Minuspol der Gitterbatterie für die Niederfrequenzstufe, 2 = Pluspol der Gitterbatterie und gleichzeitig Minuspol der Heizbatterie, 3 = Pluspol der Heizbatterie und gleichzeitig Minuspol der Anodenbatterie, 4 = Pluspol der Anodenspannung für die zweite bis fünfte Röhre, 5 = Pluspol der Anodenspannung für die siebente Röhre, 6 = Pluspol der Anodenspannung für die Audionröhre.

Wird die Klemme 7 durch einen Kurzschlußstecker mit 6 verbunden, so erhalten die Röhren 2 bis 6 mittels eines Fünffacksteckers die gleiche Anodenspannung, aber es kann auch nach Entfernung des Kurzschlußsteckers durch eine besondere Leitung von Klemme 6 zur Anodenbatterie dem Audion eine niedrigere Anodenspannung gegeben werden, falls es sich für die betreffende Röhre als vorteilhaft erweist.

Die Anordnung der Einzelteile.

Da ich von dem Gedanken ausging, einen tragbaren Empfänger zu bauen und für diesen Zweck einen kleinen Kasten amerikanischer Bauart wählte von der Größe $40 \times 20 \times 19$ Zentimeter, konnten natürlich nicht sämtliche Drehknöpfe an der Frontplatte angebracht werden. Nach reiflicher Überlegung wurde die aus dem Bauplan ersichtliche Aufstellung gewählt, bei der nur die Drehkondensatoren für Rahmenkreis, Oszillator und Primärseite des Filters (C_1), Drehknopf der Oszillatorkopplung (D), Potentiometer (P) und Gitterdrehwiderstände (R), sowie die Telefonklemmen und ein gemeinsamer Heizwiderstand H von 15 Ohm an der Frontplatte angebracht sind. Trotz aller Bemühungen gelang es nicht, die Oszillatorspulen im Innern des Gerätes anzuordnen, sondern nur den dafür bestimmten Zweifachspulenhalter, so daß also beim Gebrauch des Empfängers der Deckel geöffnet bleiben muß, was insofern belanglos ist, als ein Öffnen sowieso erforderlich ist zur Einstellung der Transformator-Kondensatoren und Einzelheizwiderstände. Daher wurden auch die Anschlußklemmen K für den Rahmen nach innen verlegt.

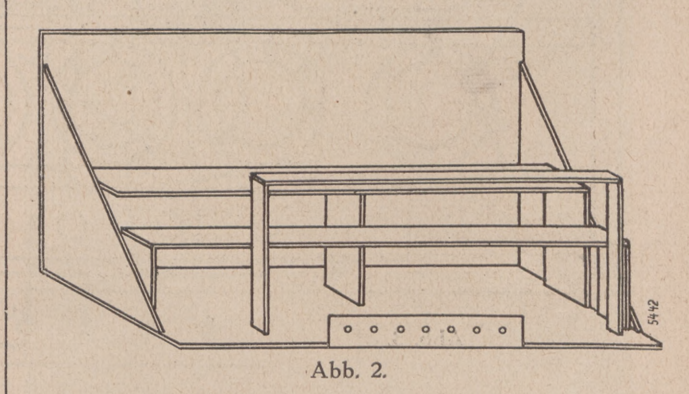


Abb. 2.

Die anderen Einzelteile sind auf drei besondere, von je zwei Stützen getragene Holzleisten untergebracht, die auf dem Grundbrett aufgeschraubt sind, und die Anschlußklemmen für die Batterien befinden sich auf einer Hartgummileiste, die an der hinteren Kante des Grundbrettes befestigt ist.

Abb. 2 zeigt den Innenbau ohne Einzelteile. Die erste im Abstande 3,5 cm von der Frontplatte geführte Leiste von der Größe 38 × 4 cm trägt die vier Zwischenfrequenztransformatoren, Spulenhalter und Blockkondensator des Oszillators. Die Leiste wird von zwei 9,5 cm langen Stützen gehalten, von denen die eine ungefähr in der Mitte angesetzt werden

Abb. 3.

mußte, um Platz für die beiden Drehkondensatoren zu gewinnen. Die zweite Leiste von 38 × 3 cm ruht auf zwei 6,5 cm hohen Stützen und ist zur Aufnahme der Röhrensockel bestimmt. Die dritte Leiste von 28 × 2 cm Größe besteht aus Trolit und besitzt zwei 12 cm hohe Stützen. Auf ihr sind die sieben Heizwiderstände befestigt und an der einen Stütze der Blockkondensator C_4.

Aus Abb. 2 und dem in Abb. 3 gezeigten Bauplan sind Anordnung der Einzelteile und Leitungsführung ohne weiteres ersichtlich; jedoch sei hinzugefügt, daß der im Innern des sechsten Röhrensockels angedeutete Gitterwiderstand mit Parallelblockkondensator C_3 und weiter der nahe der Frontplatte gezeichnete Niederfrequenztransformator N. T. in Wirklichkeit unterhalb der ersten und zweiten Leiste auf dem Grundbrett befestigt sind.

Es bleibe nicht unerwähnt, daß die Befestigung der Verbindungsdrähte bei einem derartig gedrängten Aufbau gewisse Schwierigkeiten bereitet, da z. B. nach dem Festschrauben der ersten Leiste nicht mehr alle Klemmen an der Vorderplatte zugänglich sind und daher an diesen die Drähte vorher angeschraubt werden müssen.

Das fertige Gerät zeigen Abb. 4 und Abb. 5.

Die Heizwiderstände.

Die Leistung des Ultradyne-Empfängers ist in hohem Maße von der Einstellung der Heizung der einzelnen Röhren abhängig, so daß eine Benutzung von nur zwei oder drei Widerständen völlig verfehlt ist. Auf der anderen Seite ist natür-



lich das Wiedereinstellen der günstigsten Werte von sieben Heizwiderständen sehr zeitraubend und gelingt längst nicht immer. Daher ist außer den sieben Einzelwiderständen die nur einmal sorgfältig eingestellt und später nur gelegentlich ganz wenig nachreguliert werden, ein gemeinsamer Heizwiderstand H vorgesehen, der nur zum Ein- und Ausschalten dient und eine Überlastung der Röhren beim Einschalten verhindert.

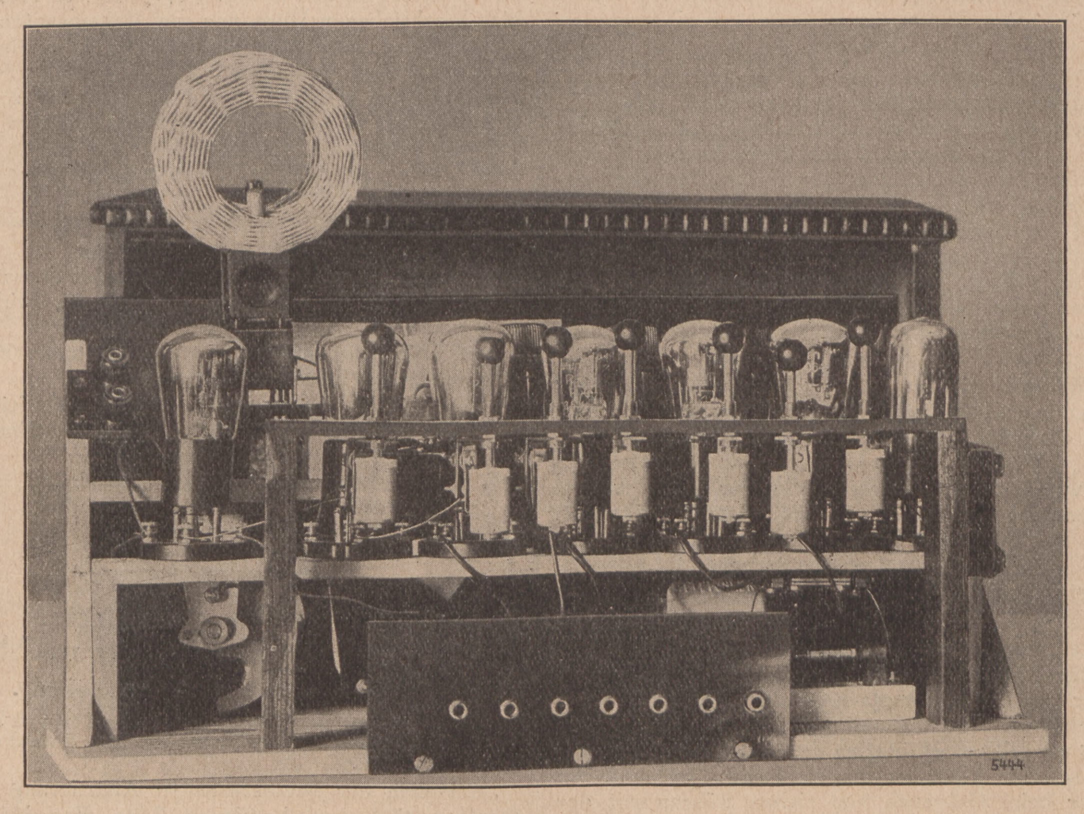


Abb. 4.

Potentiometer und Gitterdrehwiderstände des Zwischenfrequenzteiles.

Als Ergänzung zu dem bereits im vorhergehenden über diesen Punkt Gesagten möchte ich erwähnen, daß ich auch in meinem ersten Ultradyne derartige Drehwiderstände eingebaut und außerdem jedem Widerstand und dem Potentiometer Blockkondensatoren von etwa 3000 cm Kapazität parallel geschaltet habe. Die drei Widerstände dienen dazu, um gegebenenfalls vorhandene Verschiedenheiten der zugehörigen Röhren auszugleichen; sie brauchen nur einmal eingestellt und später höchstens gelegentlich ein klein wenig verändert zu werden, wenn z. B. der Empfang irgendeines Senders rauh oder verzerrt erscheint. Bei ganz gleichartigen Röhren sind die Drehwiderstände natürlich überflüssig, in der Mehrzahl der Fälle jedoch recht brauchbar und zuweilen unentbehrlich, so daß ich nicht mehr ohne sie arbeiten möchte.

Zwischenfrequenztransformatoren mit Eisenkern.

Ein Satz besteht aus drei Eisenkerntransformatoren und dem kein Eisen enthaltenden Filter, die sämtlich auf der Sekundärseite mit Hilfe kleiner Drehkondensatoren abgestimmt werden. Soll ein derartiger Satz für die Ultradyneschaltung benutzt werden, so muß auf jeden Fall der Primärseite des Filters ein Kondensator parallel geschaltet werden. Die Herstellerfirma empfiehlt für diesen Zweck, einen Blockkondensator von 500 bis 1000 cm zu wählen, während ich selbst auf Grund früherer Erfahrungen mich auch für den Drehkondensator entschieden habe ($C_1 = 600$ cm). Ohne Bedenken dürfen die Transformatoren ganz dicht nebeneinander aufgestellt werden, weil keine gegenseitige störende Beeinflussung eintritt. Bei den ersten Empfangsversuchen zeigte aber der Kondensator C_1 eine wenig angenehme Handempfindlichkeit. Da diese sich durch Umtauschen der Kondensatorzuleitungen nicht beseitigen ließ, habe ich die sonst nicht abgeschirmte Frontplatte an dieser Stelle mit Stanniol beklebt, ohne hierdurch die Handempfindlichkeit restlos aufheben zu können. Nach einer ersten vorbereitenden Einstellung der Transformator-Kondensatoren, etwa beim Empfang des Ortssenders, muß die genaue Abstimmung beim Empfang eines fernen Senders mit großer Sorgfalt vorgenom-

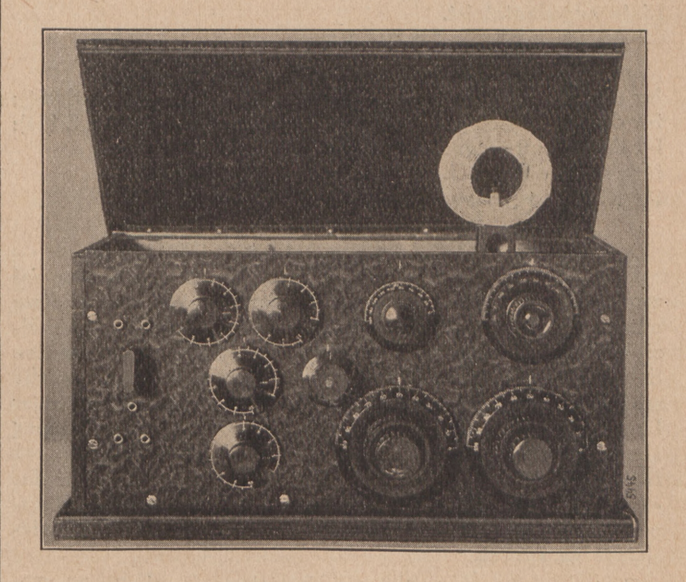


Abb. 5.

men werden. Die Einstellungen sind ziemlich kritisch zu nennen und nach meinen Erfahrungen nicht völlig gleich für alle Wellenlängen, wie ich auch hier betonen möchte im Gegensatz zu der weit verbreiteten Ansicht, daß eine einmalige genaue Einstellung der Kondensatoren für immer genüge.

Der Oszillator.

Übereinstimmend ergaben Empfangsversuche mit beiden Geräten, daß die Kopplung der Oszillatorspulen L_1 und L_2 einen wesentlichen Einfluß auf Lautstärke und Klarheit der Wiedergabe ausübte. Es zeigte sich, daß eine feste Kopplung für die längeren Wellen des betreffenden Bereiches, dagegen für die kürzeren Wellen eine losere Kopplung günstig ist, und daß der Empfang von schwächeren oder sehr fernen Sendern in der Regel sogar nur bei einer ganz bestimmten Kopplung gelingt. Daher habe ich in beide Geräte Zweifachspulenhalter eingebaut, die eine gute Einstellung der Kopplung der auswechselbaren, selbstgefertigten Ledionspulen gestatten.

Für den Wellenbereich von 200 bis 450 m werden benutzt: $L_1 = 32$ Windungen und $L_2 = 56$ Windungen, und für größere Wellen von etwa 300 bis 700 m die Spulen $L_1 = 56$ Windungen und $L_2 = 76$ Windungen. Der Drehkondensator des Oszillators wie auch der des Rahmenkreises besitzt 500 cm Kapazität und ist mit einem Feineinstellknopf (Mikrojust) versehen.

Die Niederfrequenzverstärkung.

Soll der Ultradyne mit einer einzigen Anodenbatterie betrieben werden, so ist die Verwendung von zwei Stufen Niederfrequenzverstärkung wenig zu empfehlen, weil dann leicht Pfeiftöne auftreten. Im übrigen ist eine Stufe Niederfrequenz für Lautsprecherempfang in einem großen Zimmer völlig ausreichend. Beim Empfange ohne Niederfrequenzverstärkung wird der Kopfhörer an die beiden oberen nebeneinander liegenden Klemmen angeschlossen, während der Lautsprecher beim Gebrauch von sieben Röhren mit den unteren nebeneinander liegenden Klemmen verbunden wird (vgl. die sieben Klemmen oberhalb der Audionröhre in Abb. 1). Von den mittleren drei senkrecht übereinander liegenden Klemmen ist beim Gebrauch von sechs Röhren die mittelste mit der oberen, und bei sieben Röhren mit der unteren durch einen Kurzschlußstecker verbunden, was in Abb. 1 durch eine ausgezogene und eine punktierte kleine Linie angedeutet ist.

Die Röhren.

In langem Gebrauch haben sich aufs beste bewährt:
für den Modulator (erste Röhre) Telef. R E 144 (od. R E 064);
für den Oszillator (zweite Röhre) Telef. R E 064 (od. R E 144);
für Zwischenfrequenzverstärkung Telef. R E 144
für das Audion (sechste Röhre) Telef. R E 064
für Niederfrequenzverstärkung Telef. R E 154

Bedienung und Leistungsfähigkeit.

Das höchste Ideal eines Rundfunk-Fernempfängers ist zweifellos ein möglichst leicht zu bedienendes Gerät, etwa mit einem einzigen Abstimmknopf; jedoch dürfte dieses Endziel wohl niemals erreicht werden. Die zur Zeit bekannten Schaltungen lassen sich in zwei Gruppen teilen, in solche mit einfacher Bedienung und verhältnismäßig geringer Leistungsfähigkeit und solche mit schwieriger Bedienung aber hoher Empfindlichkeit und Selektivität. Also gilt es für den Bastler, sich bei der Auswahl der Schaltung für das eine oder andere zu entscheiden oder mindestens ein Kompromiß zwischen Leistungsfähigkeit und Bedienungsschwierigkeit zu suchen.

Trotz mancher gegenteiligen Versicherungen halte ich den Ultradyne nach wie vor für einen nicht leicht zu handhabenden Empfänger, aber auf der anderen Seite für den weitaus leistungsfähigsten. Urteile ich nach mir selbst, so bin ich geneigt anzunehmen, daß jeder wirkliche Bastler Schwierigkeiten der Bedienung nicht scheut; denn der besondere Reiz des Fernempfanges liegt letzten Endes doch gerade in seiner Schwierigkeit, die allerdings manchmal dem Besitzer des Empfängers arge Enttäuschungen bereiten kann. Auch dann läßt der eigentliche Bastler den Mut nicht sinken und erreicht bald darauf neue Höchstleistungen. So hörte ich selbst am 6. Februar, abends 11.45 Uhr, voll Freude mit dem hier beschriebenen Ultradyne und Rahmenantenne im Lautsprecher klar und deutlich den etwa 850 km entfernten Rundfunksender Agram von nur 0,35 kW, was ich auf Wunsch des Sprechers am gleichen Abend dem Sender schriftlich gemeldet habe. Als Beweis der ausgezeichneten Selektivität sei nur erwähnt, daß ich in einem Abstand von 2,5 bis 3 km vom Witzlebener Sender ungestört Langenberg hören kann.

Liste der verwendeten wichtigsten Einzelteile.

1. Frontplatte Trolit, 40 × 20 × 0,5 cm;
2. 1 Rahmenkondensator, Frequenzkondensator (500 cm) und 1 Oszillatorkondensator (500 cm), beide mit Feineinstellung;
3. 1 Satz Zwischenfrequenztransformatoren (Radix) (1 Filter und 3 Eisentransformatoren);
4. 7 Heizwiderstände von je 15 Ohm mit Feineinstellung;
5. 4 körperlose Potentiometer von je 400 Ohm;
6. 1 Niederfrequenztransformator 1 : 4;
7. 3 Blockkondensatoren ($C_2 = 1000$ cm, $C_3 = 300$ cm, $C_4 = 3000$ cm);
8. 1 Hochohmwiderstand von 3 Megohm.

Darf der Bastler patentierte Schaltungen nachbauen?

Die neue Patentgesetzgebung.

Die Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. bittet uns um Aufnahme folgender Zeilen.

„Anläßlich der bevorstehenden Abänderung des Patentgesetzes sind von berufener Seite Vorschläge gemacht worden, die auf eine Ausdehnung des gewerblichen Rechtsschutzes, im besonderen Hinblick auf die drahtlosen Patente, hinzielen. Im Anschluß hieran sind in der Fachpresse Befürchtungen laut geworden, daß die Durchführung dieser Bestimmungen dazu führen müsse, die Basteltätigkeit lahmzulegen. Die unseres Erachtens akademisch-juristischen Erörterungen geben uns Anlaß zu folgender Klarstellung:

Wir sehen nach wie vor die Bastelbewegung als wichtiges Glied des Rundfunks an. Sie ist geeignet, das allgemeine technische Verständnis zu heben, den Rundfunk zu popularisieren und für die Weiterentwicklung wichtige Anregungen zu geben. Aus diesem Grunde wird von uns alles getan werden, um die Bastelbewegung zu fördern. Hingegen müssen wir uns gegen die Auswüchse des Bastelwesens wenden, die wir in der gewerbsmäßigen Herstellung von Apparaten durch Bastler erblicken, wie wir das schon bisher in der Verteidigung unseres guten Rechts getan haben. Jeder Bastler, der für seinen persönlichen Gebrauch einen Empfangsapparat bastelt, ist unser Freund, und wenn er beim Basteln daran denkt, daß er von den mit Aufwand ganz außerordentlicher Mühen und Kosten geschaffenen Patenten der Telefunken-Gesellschaft Gebrauch macht, so sind wir zufrieden."

*

Ein Großrundfunksender auch in Ungarn. Die ungarische Postverwaltung hat bei der Telefunken-Gesellschaft in Berlin einen Großrundfunksender in Auftrag gegeben, der bei Budapest Aufstellung finden soll. Die Bestellung wurde nach scharfem Konkurrenzkampf zwischen Telefunken, Marconi und der Ujpester Glühlampen-Fabrik, die mit der Western-Electric-Co. in Verbindung steht, an die deutsche Gesellschaft erteilt. Dieser Erfolg ist nicht zum wenigsten auf das in ganz Europa anerkannte Arbeiten des Rheinlandsenders zurückzuführen, der bekanntlich im Auftrage der Deutschen Reichspost von der Telefunken-Gesellschaft bei Langenberg erbaut wurde.

Frequenzabhängigkeiten bei Widerstandsverstärkern

Von

Manfred von Ardenne.

Die Theorie der Widerstandsverstärker ist heute durch eine Reihe von Arbeiten[1]) wohl insofern als geklärt anzusehen, als kaum noch Meinungsverschiedenheiten über ihre Berechnung bestehen. Wenn heute die Ansichten der Verfasser über die Dimensionierung der einzelnen Größen noch nicht übereinstimmen[2]), so ist dies einerseits darauf zurückzuführen, daß der Rechnung verschiedene Konstanten, die mehr oder weniger mit der Praxis übereinstimmen, zugrunde die bei verschiedener Dimensionierung vorhandenen Frequenzabhängigkeitskurven gemessen werden. Besonders wichtig sind Messungen an Mehrfachverstärkern, weil bei ihrer Berechnung die durch nicht richtige Konstanten bedingte Ungenauigkeit natürlich noch wesentlich größer als bei Verstärkern mit einer Spannungsverstärkerstufe ist. Im folgenden sollen im Laboratorium des Verfassers an Widerstandsverstärkern mit zwei Spannungsver-

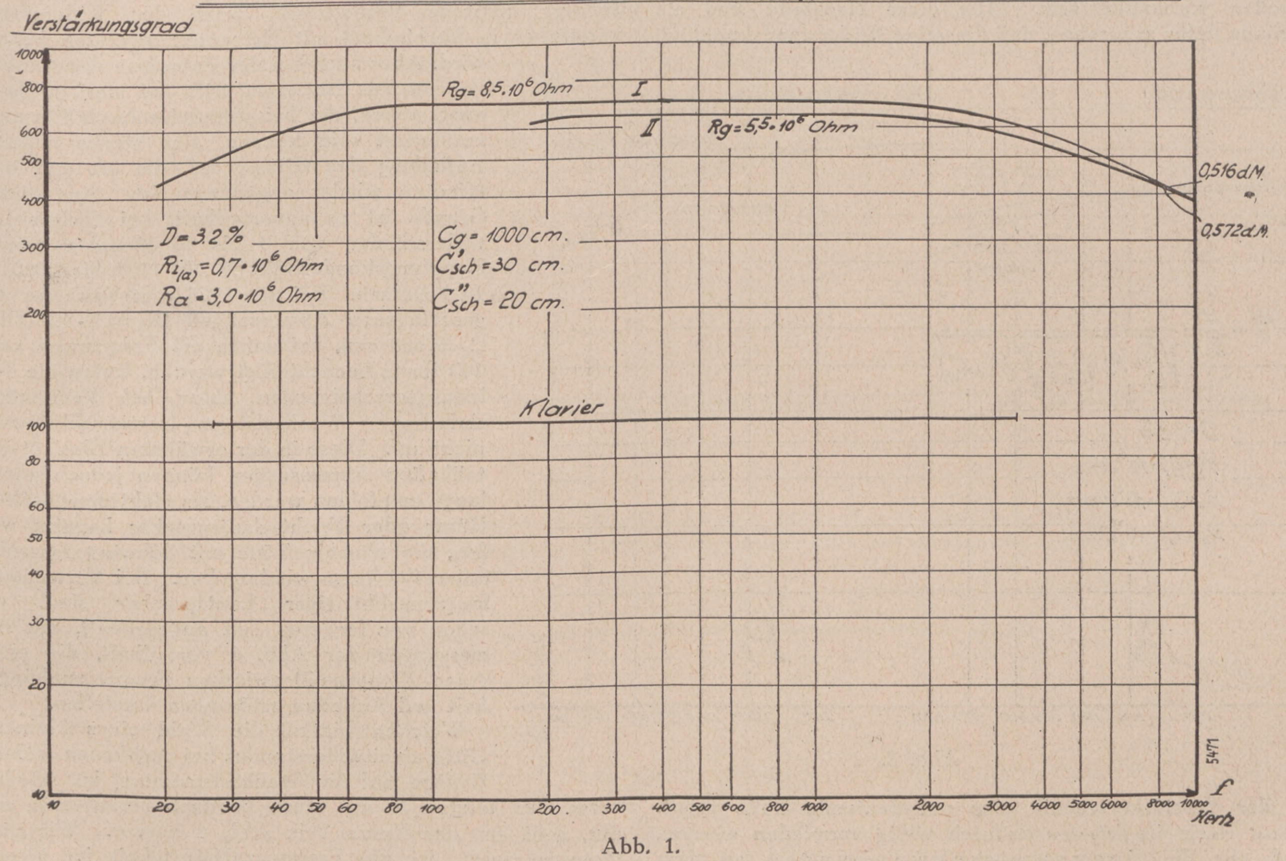


Abb. 1.

gelegt werden, andererseits darauf, daß die Ansichten über die zulässige Frequenzabhängigkeit etwas voneinander abweichen. Die bei der theoretischen Behandlung zwangläufig bestehenden Schwierigkeiten, die richtigen Werte für die verschiedenen Größen zu finden, lassen sich vermeiden, wenn stärkerstufen vorgenommene Messungen[3]) wiedergegeben und besprochen werden.

Frequenzabhängigkeiten bei Widerstandsverstärkern sind darauf zurückzuführen, daß die Kopplung über rein Ohmsche Widerstände nicht ideal durchführbar ist. Wie bekannt, besitzen schon die Kapazitäten, die durch die Röhrenelektroden selbst gebildet werden, und die Kapazitäten der notwendigen Verbindungsleitungen bei den an der oberen Grenze des Hörbereiches liegenden Frequenzen einen bestimmten Scheinwiderstand, der nicht mehr vernachlässigt werden darf, wenn Ohmsche Widerstände in der Größenordnung von 1 000 000 Ohm als Anodenwiderstände benutzt werden. Die Durchführung einer reinen Widerstandskopplung bietet aber auch bei niedrigeren Frequenzen gewisse Schwierigkeiten. Wenn man den Spannungsabfall an einem im Anodenkreis der Röhre liegenden Ohmschen Widerstand direkt auf das Gitter einer folgenden Röhre übertragen würde, so wäre man gezwungen, für jede Ver-

[1]) W. Loest: „Arbeitscharakteristik und Verstärkungsgrad widerstandsgekoppelter Eingitterröhren", „Radio-Amateur", Jahr 1926, Heft 19 und 20; R. Hiecke: „Die Widerstandsverstärkung", „Elektrotechnik und Maschinenbau", Jahr 1926, Heft 36; A. Forstmann: „Über die Verstärkung von im Hörbereich liegenden Schwingungen mit Widerstandsverstärkern", Jahrbuch 1926, B. 28, H. 5; F. Mayer: „Verzerrungsfreie Widerstandsverstärker", E. T. Z. 1927, H. 1; H. Kafka: „Ein Beitrag zur Theorie der Niederfrequenzverstärkung mit Widerstandskopplung", Jahrbuch 1927, B. 29, H. 2; M. v. Ardenne und H. Heinert: „Über Widerstandsverstärker", Jahrbuch 1925, B. 26, H. 2; M. v. Ardenne: „Über die Dimensionierung von Niederfrequenzverstärkern mit Widerstandskopplung unter besonderer Berücksichtigung der Verzerrungen", E. T. Z. 1927, H. 1.

[2]) Die heute von den verschiedenen Autoren für günstig gehaltenen Abmessungen stimmen insofern überein, als bei Verwendung normaler Anodenspannungen Röhren unter 8 v. H. Durchgriff und Anodenwiderstände von über 400 000 Ohm benutzt werden.

[3]) Die Meßmethode ist beschrieben in der Arbeit: M. v. Ardenne: „Zur Messung der Spannungsverstärkung bei Niederfrequenzverstärkern". Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien 1927, März, Heft 10.

stärkerstufe entweder eine besondere Anodenstromquelle oder eine besondere Heizbatterie zu benutzen. Außerdem bestände die Notwendigkeit, den Gleichspannungsabfall an den Anodenwiderständen durch besondere Batterien genau zu kompensieren, um die Gitter der folgenden Verstärkerröhren ausreichend negativ gegen die Kathode aufzuladen. Die reine Widerstandskopplung besitzt, abgesehen von der erwähnten Notwendigkeit, mehrere Heiz- und Anodenbatterien zu benutzen, noch verschiedene Nachteile: die schädlichen Kapazitäten sind größer als bei normalen Verstärkerschaltungen und die Einstellung der richtigen Arbeitspunkte bereitet besonders bei Verwendung mehrerer Stufen außerordentliche Schwierigkeiten.

Um überhaupt die Einstellung des richtigen Arbeitspunktes zu ermöglichen, muß außerdem eine schwer erreichbare Konstanz der Spannung bei den benutzten Stromquellen vorhanden sein. Alle diese Nachteile sind als Gründe dafür anzusehen, daß die reine Widerstandskopplung in der Verstärkertechnik eine unbedeutende Rolle spielt. Diese Nachteile können dadurch völlig vermieden werden, daß nur die Spannungsschwankungen an dem Anodenwiderstand über einen hinreichend großen Kondensator auf das Gitter einer folgenden Röhre übertragen werden. Diese Anordnung ist die bekannte Widerstands-Kapazitätskopplung. Um dem Gitter der nächsten Röhre eine bestimmte negative Spannung erteilen zu können, ist bei dieser Kopplungsart noch ein zweiter Widerstand, der „Gitterableitwiderstand", notwendig. Dieser Widerstand muß sehr klein gegenüber dem Isolationswiderstand des Kopplungskondensators und der Schaltung und klein gegenüber dem durch die Gitterströme entstehenden „Belastungswiderstand" der Röhre sein. Der Isolationswiderstand guter Übertragungskondensatoren liegt in der Größenordnung von 1000 Megohm. Der innere Gitterwiderstand der Röhre ist, wenn eine Gittervorspannung von — 1,5 bis 2 Volt benutzt wird, in der Regel größer als 100 Megohm, so daß Gitterableitwiderstände von 5 bis 15 Megohm verwendet werden können, ohne daß bei dem betreffenden Verstärker Unregelmäßigkeiten zu befürchten sind. Wenn Gitterableitwiderstände von 8 bis 10 Megohm benutzt werden, gelangt auch noch bei Schwingungen, die an der untersten Grenze der Hörbarkeit des menschlichen Ohres liegen, fast die volle Anodenwechselspannung der ersten Röhre an das Gitter der folgenden Röhre

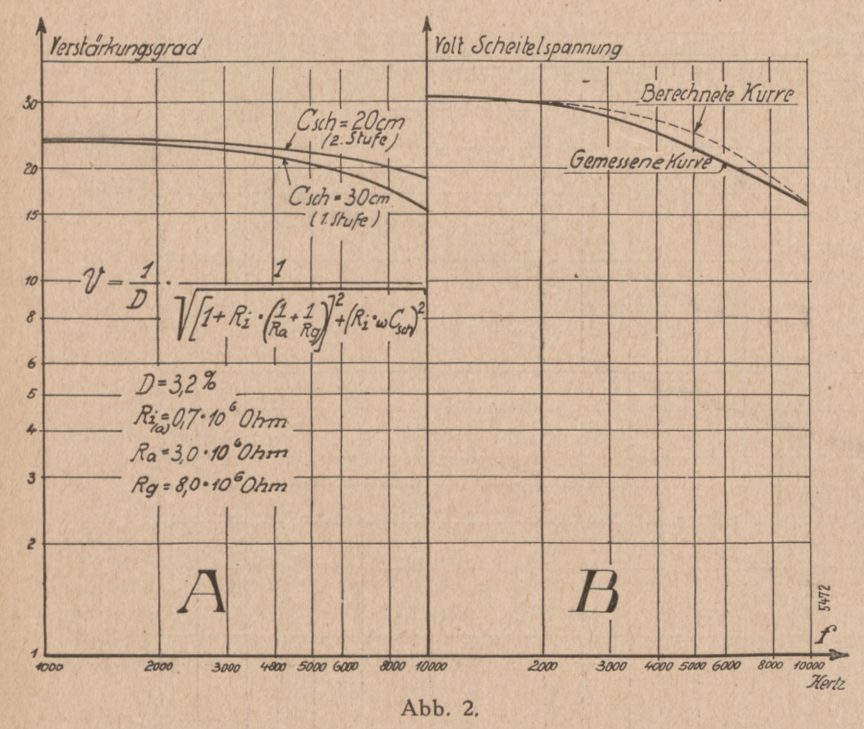


Abb. 2.

bei Kopplungskondensatoren von 1000 cm Kapazität. Diese Angabe wird bestätigt durch die Messung (Kurve 1 in Abb. 1), die an einem Dreifach-Widerstandsverstärker in der bekannten Schaltung vorgenommen wurde. Bei Frequenzen von 20 Hertz, die nur bei den tiefsten Orgeltönen vorkommen, geht die Gesamtverstärkung noch nicht auf die Hälfte der Verstärkung im mittleren Hörbereich zurück. Durch Verwendung noch größerer Übertragungskondensatoren ist es leicht möglich, auch die sehr tiefen Töne noch etwas besser zu übertragen. Diese Maßnahme hat jedoch einen Nachteil: wenn man, um eine völlige Frequenzunabhängigkeit im unteren Hörbereich zu erzielen, bei den gegebenen Ableitwiderständen sehr große Kopplungskondensatoren anwendet, so treten durch Aufladungserscheinungen unangenehme Störungen ein. In dieser Hinsicht bestehen besonders kritische Verhältnisse, wenn der Widerstandsverstärker in Verbindung mit Netzanschlußgeräten benutzt wird. Aber auch bei der Entnahme des Anodenstromes aus Batterien tritt bei starken Spannungsstößen, die beispielsweise durch Störungen verursacht sein können, eine starke negative Aufladung des Gitters auf, die oft erst nach Minuten wieder abgeflossen ist. Aus diesem Grunde ist es unvorteilhaft, bei Gitterableitwiderständen von 8 bis 10 Megohm größere Kopplungskondensatoren als 1000 bis 2000 cm zu benutzen. Bei den 1925 vom Verfasser vorgeschlagenen Abmessungen ($R_g = 5 \cdot 10^6$ Ohm; $C_g = 500$ cm), bei denen die Frequenzen unter 100 Hertz benachteiligt werden, treten die Aufladungserscheinungen sogar bei Verwendung einfacher Wechselstrom-Netzanschlußgeräte nicht auf. Diese in der erwähnten Hinsicht vorteilhaften Abmessungen können jedoch nur so lange empfohlen werden, als elektromagnetische Hörer oder Trichterlautsprecher benutzt werden, die ohnehin Töne mit Schwingungszahlen unter 100 kaum wiedergeben. Bei Verwendung frequenzabhängiger Lautsprecher sind, wie schon vor längerer Zeit angegeben[4]), die Abmessungen der Abb. 1 vorteilhaft, die einen guten Kompromiß zwischen Frequenzabhängigkeit und Aufladungsstörungen darstellen.

Welchen Einfluß die Wahl eines kleineren Gitterableitwiderstandes bei gegebenen anderen Größen auf die Wechselspannung im Anodenkreis der letzten Röhre eines Dreifach-Verstärkers ausübt, geht aus der Kurve 2 in Abb. 1 hervor. Wie diese Messung zeigt, ist die Frequenzabhängigkeit im unteren Hörbereich größer und die Verstärkung etwas kleiner. Die Verkleinerung der Gitterableitwiderstände wirkt sich in gewisser Hinsicht so aus, als ob die Anodenwiderstände kleiner gewählt werden. Ganz entsprechend geht auch die Frequenzabhängigkeit im oberen Hörbereich, die durch die unvermeidlichen Kapazitäten bedingt ist, bei den kleinen Gitterableitwiderständen etwas zurück. Mit Rücksicht darauf, daß das Ohr Töne, deren Schallintensitäten um weniger als 30 v. H. voneinander abweichen, als gleich stark empfindet, kann der Verstärker mit den Abmessungen der Abb. 1, Kurve 1, innerhalb des Bereiches von 25 Hertz bis 6000 Hertz als „praktisch frequenzunabhängig" angesehen werden. Erst bei Frequenzen über 6000 geht der Verstärkungsgrad dieses Dreifach-Verstärkers auf weniger als 70 v. H. der maximalen Verstärkung herunter. Bei der Frequenz 10 000, die etwa an der oberen Grenze des Hörbereiches liegt, ist die Verstärkung auf 50 v. H. gesunken.

Es sei hier ausdrücklich erwähnt, daß der in Abb. 1 gemessene Verstärker keineswegs sonderlich kapazitätsarm aufgebaut war. Die Anordnung war so ausgeführt, wie sie

4) Des Funkbastlers erprobte Schaltungen. 5. Auflage. Seite 54. Juni 1926.



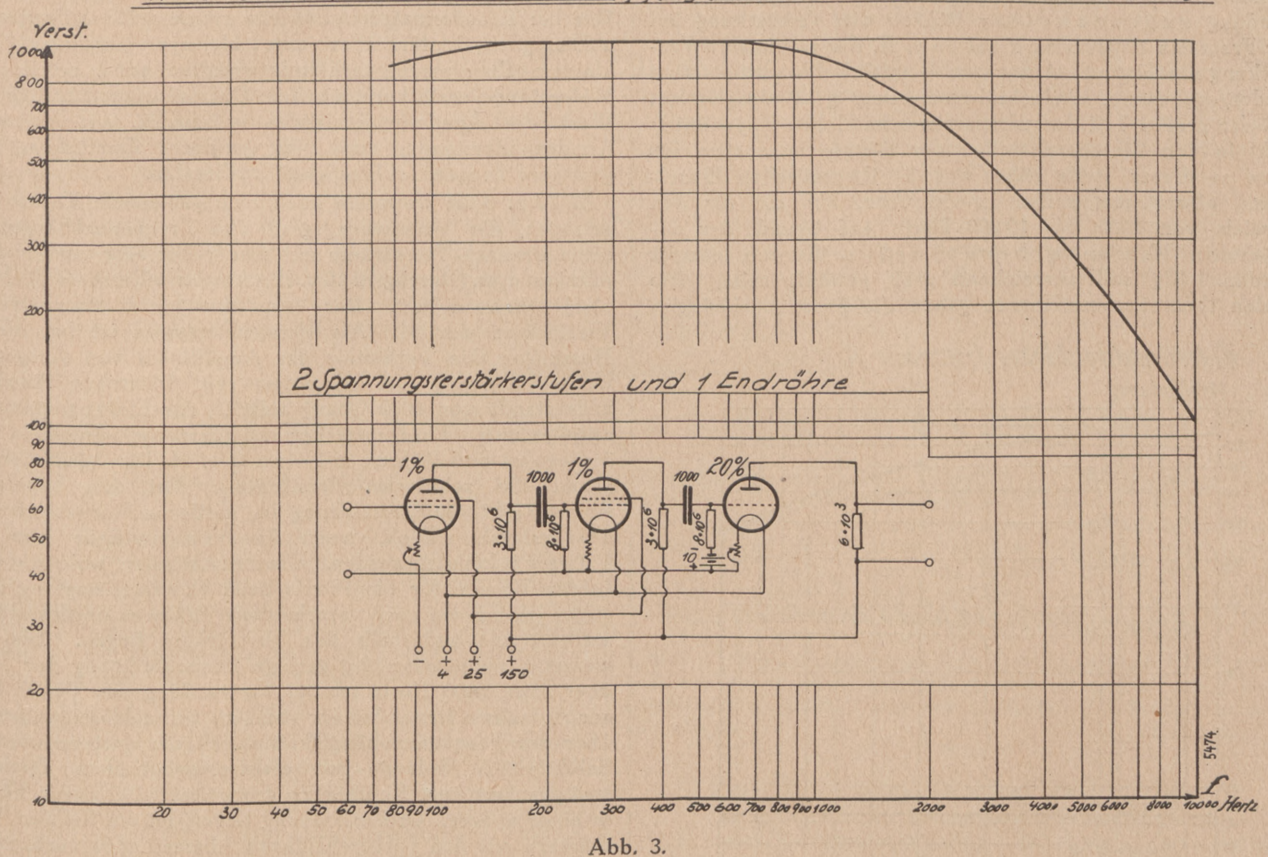


Abb. 3.

Widerstandsverstärker mit 3 Stufen und Mehrfachröhrenaufbau.

Verst.

$Ri_{(a)} = 0,7 \cdot 10^6$ 3,2% — $0,7 \cdot 10^6$ 3,2% — 20% — 1000 — 1000 — $3 \cdot 10^6$ — $9 \cdot 10^6$ — $7 \cdot 10^6$ — $6 \cdot 10^3$ — $5 \cdot 10^5$ — 4 μF — $\mathfrak{E}_{g1}$ — $\mathfrak{E}_{a3}$ — 150 — 4

$$V = \frac{\mathfrak{E}_{a3}}{\mathfrak{E}_{g1}}$$

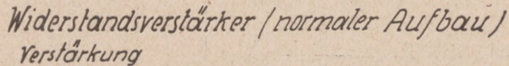
0,77 des Maximums

f Hertz

5475

Abb. 4.

von jedem leicht getroffen werden kann (es wurden gesockelte Röhren benutzt). Interessant ist, daß durch Verwendung ungesockelter Röhren die Verstärkung bei der Frequenz 10 000 noch auf 55 v. H. der maximalen Verstärkung zurückging. Aus einem Vergleich der weiter unten wiedergegebenen Mehrfachröhrenmessung geht also hervor, daß der größte Teil der wirksamen schädlichen Kapazitäten wohl in den Einschmelzstellen der Röhren zu suchen ist. Ohne an dieser Stelle näher auf die theoretischen Einzelheiten einzugehen, sollen in der Abb. 2 A die für den Bereich von 1000 bis 10 000 Hertz auf Grund der angegebenen Konstanten berechneten Kurven gezeigt werden. (Cg soll ausreichend groß gewählt sein.) Die beiden theoretischen Kurven geben die Frequenzabhängig-



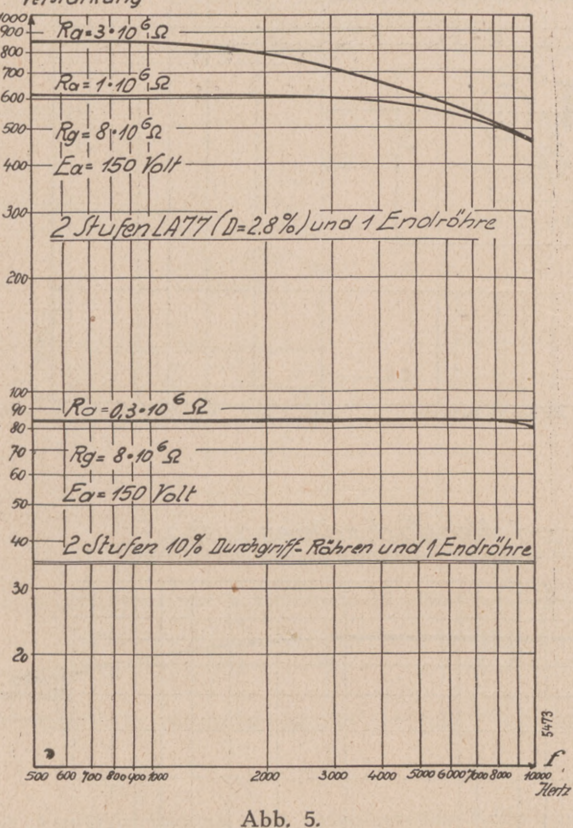


Abb. 5.

keit der ersten und zweiten Stufe eines Dreifach-Widerstandsverstärkers wieder. Da in der Endverstärkerstufe, wenn man hier die elektrischen Eigenschaften des Lautsprechers vernachlässigt, keine Frequenzabhängigkeit zu erwarten ist, so ist die bei einem Dreifach-Verstärker sich ergebende Kurve durch das Produkt der Kurven der ersten und zweiten Spannungsverstärkerstufe gegeben. Bei der Betrachtung der zugrunde gelegten Werte wird auffallen, daß in der vorletzten Spannungsverstärkerstufe nur eine schädliche Kapazität von 20 cm angenommen ist. Dieser geringere Kapazitätswert wurde wegen der geringen Spannungsverstärkung der Endröhre in Rechnung gesetzt. Die aus den Kurven der Abb. 2 A sich für den Dreifach-Verstärker ergebende Frequenzabhängigkeit ist aus der Kurve in Abb. 2 B zu erkennen. Aus der guten Übereinstimmung der berechneten Kurve mit der gemessenen geht hervor, daß die Werte für die wirksame schädliche Kapazität mit 20 bis 30 cm angenähert richtig angenommen wurden[5]. Die Abhängigkeit des Verstärkungsgrades von dem Wert der benutzten Kopplungswiderstände geht aus einigen Messungen hervor, die in Abb. 3 wiedergegeben sind. Wie bei Transformatorenverstärkern eine größere Frequenzabhängigkeit, dafür aber eine kleinere Verstärkung bei kleinem Übersetzungsverhältnis erhalten wird, so ist bei Widerstandsverstärkern, wo dem Übersetzungsverhältnis der Wert des Anodenwiderstandes entspricht, mit kleineren Anodenwiderständen auch eine geringere Verstärkung und geringere Frequenzabhängigkeit verbunden.

In Abb. 5 ist weiterhin noch eine gemessene Kurve eingetragen, die Verstärkungsgrad und Frequenzabhängigkeit eines Dreifach-Verstärkers mit den früher sehr verbreiteten Abmessungen (Durchgriff 10 v. H., Anodenwiderstand 0,3 Megohm) erkennen läßt. Der Verstärkungsgrad eines solchen Verstärkers war 84. Als Verstärkungsgrad ist bei diesen Messungen das Verhältnis der Amplituden von Ausgangswechselspannung (die an einem rein Ohmschen Anodenwiderstande von 6000 Ohm[6]) auftritt) zur Eingangsspannung angenommen. Ein Verstärker mit Anodenwiderständen von 3 Megohm und Röhren mit etwa 3 v. H. Durchgriff lieferte genau die zehnfache Verstärkung. Bei den benutzten Röhren geht die Verstärkung im mittleren Hörbereich von 840 auf 620 zurück, wenn Anodenwiderstände von nur 1 Megohm benutzt werden. Um zu beurteilen, welche dieser beiden Kurven für die Praxis beim Rundfunkempfang günstiger ist, müssen noch verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, die außerhalb des Verstärkers liegen. Die gemessene, verhältnismäßig geringe Benachteiligung der Töne über etwa 6000 Hertz ist bei Verwendung des Verstärkers zur Aufnahme ferner Sender völlig zu vernachlässigen gegenüber der Frequenzabhängigkeit durch die dort notwendige Selektivität. Solange mit elektromagnetischen Trichterlautsprechern und Kopfhörern gearbeitet wird, deren Fehler in einer anderen Größenordnung liegen, ist die bei den Verstärkern mit den vorgeschlagenen Abmessungen vorhandene geringe Frequenzabhängigkeit unmerklich. Nachdem durch Messungen erwiesen ist, daß sogar bei Dreiröhren-Verstärkern mit hohen Anodenwiderständen, Spezialröhren und normalem Schaltungsaufbau (Abmessungen der Abb. 1) eine Frequenzunabängigkeit vorhanden ist, die selbst sehr hoch gestellten Ansprüchen genügt[7]), fallen alle Bedenken, die gegen die Anwendung hoher Anodenwiderstände bestehen, fort, und es bleiben nur die Vorteile (hohe Verstärkung, geringere Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie im mittleren Hörbereich, weniger kritische Einstellung der günstigsten Gitterspannung, geringere Anoden- und Heizströme).

Eine unzulässig große Frequenzabhängigkeit würde bestehen, wenn statt der Spezialeingitterröhren geeignete Doppelgitterröhren in Schutznetzschaltung benutzt werden würden, die zwar eine hohe Verstärkung ergeben, aber so hohe innere Widerstände besitzen, daß davon abgesehen wurde, Spezialdoppelgitterröhren für diesen Zweck in den Handel zu bringen.

Die Messung nach Abb. 3 zeigt den Verstärkungsgrad und die Frequenzabhängigkeit eines Dreifach-Verstärkers mit Doppelgitterröhren. Bei der Frequenz 10 000 sinkt die Verstärkung etwa auf den zehnten Teil. In Abb. 3 ist ebenso wie bei den früheren Messungen und auch bei der in Abb. 4 wiedergegebenen Kurve eines Verstärkers mit Mehrfachröhrenaufbau die Ausgangsspannung an einem Ohmschen Widerstand von 6000 Ohm gemessen worden. Die außerordentlich kleinen Kapazitäten, die bei dem Mehrfachröhrenaufbau nach S. Loewe vorhanden sind, bedingen im oberen

[5]) Die tatsächlich vorhandenen Scheinkapazitätswerte sind also erheblich kleiner als beispielsweise die Werte von 60 bis 100 cm, mit denen Dr. Seidel rechnet. (F. Seidel, „Funk-Bastler" 1927, Heft 9.) Der Grund für diese starken Abweichungen liegt darin, daß F. Seidel die Kapazität nach einer Formel berechnet, die, worauf schon Riegger und Trendelenburg, E. Schrader, L. Müller, der Verfasser und andere aufmerksam machten, zu große Kapazitätswerte ergibt. Literatur vgl. M. v. Ardenne, E. T. Z. 1927, H. 2.

[6]) Dieser Wert entspricht etwa dem Scheinwiderstand der üblichen Lautsprecher bei tiefen Tönen.

[7]) A. Forstmann: Jahrbuch 1926 l. c., S. 159.

Hörbereich eine fast ideale Unabhängigkeit des Verstärkungsgrades von der Frequenz. Bei dem erwähnten Ausgangswiderstand ist der mittlere Verstärkungsgrad bei den Spannungs-Widerstandsverstärkern mit drei Röhren etwa 700fach. Die reine Spannungsverstärkung, die gemessen werden kann, wenn in den Anodenkreis der Endröhre ebenfalls ein sehr großer Ohmscher Widerstand gelegt wird, liegt durchschnittlich etwa bei 2000.

Nachdem aus den wiedergegebenen Messungen hervorgeht, daß auch bei Widerstandsverstärkern mit hohem Verstärkungsgrad eine ausreichende Frequenzunabhängigkeit vorhanden sein kann, ist es zur Beurteilung der Verzerrungsfreiheit nur noch notwendig, zu wissen, ob eine Abhängigkeit des Verstärkungsgrades von der Amplitude der zugeführten Wechselspannung innerhalb gewisser Grenzen vorhanden ist. In den Spannungsverstärkerstufen, wo die Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinien, besonders wenn große Anodenwiderstände benutzt werden, außerordentlich schwach ist[8]), sind solche Amplitudenabhängigkeiten kaum vorhanden. Dagegen sind Amplitudenverzerrungen bei der Endröhre immer zu beobachten, sobald zu starke Wechselspannungen dem Gitter zugeführt werden und nicht mehr auf dem geradlinigen Bereich der Anodenstromkennlinie gearbeitet wird. Um die Verzerrungen bei der letzten Stufe zu umgehen, empfiehlt es sich, in ihren Anodenstromkreis ein Milliamperemeter mit geringer Trägheit zu legen. Sobald dieses Instrument Stromschwankungen anzeigt, sind Gleichrichtereffekte vorhanden, aus deren Größe es möglich ist, Rückschlüsse auf den Verzerrungsgrad zu ziehen.

BRIEFE AN DEN „FUNK-BASTLER“

Europa im Detektor!

Riga, Ende März.

Es ist an dieser Stelle oft auf die erstaunlichen Leistungen im Fernempfang mit einfachem Detektorgerät hingewiesen worden. Dennoch dürften meine Versuche, mit dem Detektor hier, außerhalb des europäischen „Sendezentrums“, Fernempfang zu erzielen, manchen Detektorfreund interessieren. Beim Aufbau des Gerätes wurde auf beste Isolation, einwandfreie Leitungsverbindungen und verlustfreie Einzelteile Wert gelegt.

Seit Monaten höre ich nun mit einem Detektor ohne jede Röhrenverstärkung täglich nach Schluß des Ortssenderprogramms an einer 60 m langen emaillierten L-Antenne wahlweise die größeren Sender wie Breslau, Königsberg, Prag, Leipzig, Hamburg, Frankfurt, Aberdeen (!) u. a. in meist gut verständlicher Lautstärke, außerdem Langenberg, Berlin, Wien, Kowno und die Popoff-Station in Moskau auf Welle 675 m in oft erstaunlicher Lautstärke und Klangreinheit. Ich bemerke, daß die meisten genannten Sender 1000 und mehr Kilometer von mir entfernt sind.

In Verbindung mit einem Widerstandsverstärker wurden die meisten Sender im Lautsprecher in geradezu idealer Tonreinheit empfangen. Bei Vorschalten eines Hochfrequenzverstärkers konnte sogar Fernempfang während des Ortssenderbetriebes erzielt werden. Der Ortssender wird ohne Verstärkung im Lautsprecher in einer für ein mittelgroßes Zimmer ausreichenden Lautstärke empfangen. Bei Fernempfang sind die einzelnen Sender gut voneinander trennbar. Verwendet wird eine aperiodische Antennenankopplung mit 10 Windungen 1 mm-Kupferdraht ohne Bespinnung.

Alex von Gerkan.

*

Der Tantal-Gleichrichter.

Berlin-Staaken, Anfang April.

Im „Funk-Bastler“, Jahr 1926, Heft 52, und Jahr 1927, Heft 15, wurde der Bau eines Tantalgleichrichters beschrieben, den ich mir gebaut habe und zu dem ich folgendes bemerken möchte:

Als Gefäß benutzt man am besten ein gewöhnliches Akkumulatorenglas von den Maßen $50 \times 40 \times 160$ mm. Die Größe der Bleielektrode ist nicht kritisch und kann etwa 40×110 mm betragen. Als Flüssigkeit nimmt man, wie beschrieben, verdünnte Schwefelsäure mit 1 v. H. Eisenvitriol. Letzteres ist von besonderer Wichtigkeit, da sich durch dessen Zusatz die Amperezahl fast verdoppelt. Um die schädliche Einwirkung der Säuredämpfe auf die Anschlüsse zu verringern, deckt man das Glas wie beim Akkumulator mit einer Hartgummiplatte ab und vergießt diese mit Vergußmasse. Als Tantalelektrode genügt schon ein Streifen von $0{,}3 \times 10 \times 50$ mm. Zu seiner Befestigung schneidet man einen kleinen Schlitz in die Hartgummiplatte so, daß sich das Blech gerade noch schieben läßt. Man findet nämlich bei einer bestimmten Eintauchtiefe des Tantals in die Flüssigkeit (15 mm) eine Steigerung der Leistung um 0,2 Amp. Es ist aus diesem Grunde vorteilhaft, die Elektrode verschiebbar anzuordnen, da man beim Fallen des Flüssigkeitsspiegels immer auf höchste Leistung einstellen kann. Leistung des Gleichrichters im kalten Zustand 1,8 Amp, im warmen Zustand 2,1 Amp bei einem 2 Volt-Akkumulator. Als besonderen Vorteil wird man es empfinden, seinen Anodenakkumulator selbst zu laden, da der Gleichrichter noch bei ganz geringer Stromentnahme sicher arbeitet, wo ein Pendelgleichrichter versagt. Zu diesem Zwecke kann man, wenn man Blockakkumulatoren von je 10 Volt verwendet, dieselben parallel schalten. Die Gesamtstromaufnahme beträgt ungefähr 0,8 Amp bei einer 90 Volt-Batterie.

Meine Erwartungen auf das betriebssichere und gute Arbeiten des Tantalgleichrichters sind zu meiner vollen Zufriedenheit ausgefallen, und ich kann den Bau jedem Bastler empfehlen.

Alfred Richter.

*

Das Blech zum Tantal-Gleichrichter.

Berlin-Borsigwalde, Mitte März.

Mein Aufsatz „Der Tantal-Gleichrichter“ in Heft 52 des „Funk“ Jahr 1926 hat mir viel Anfragen eingebracht, die sich hauptsächlich auf zwei Punkte beschränken, und die ich hier noch einmal allgemein beantworten möchte.

Die Tantalblechstücke haben nicht eine Größe von 60 bis 80 qmm, sondern sind etwa 600 bis 800 qmm groß.

Eine Bezugsquelle für Tantalbleche vermag ich nicht anzugeben, da die Fabrikation von Tantalgleichrichtern lizenzpflichtig ist und aus diesem Grunde das Metall wohl nicht im Einzelhandel abgegeben wird.

Nach vielen Bemühungen ist mir nun die Lieferung einer kleinen Menge von Tantalblech zugesagt worden, und es wird mir vielleicht möglich sein, in beschränktem Umfange an einzelne Bastler Tantalblech zum Bau eines Gleichrichters abzugeben.

Otto Vetter.

*

Rußland stört den Rundfunkempfang.

Mediasch, Mitte April.

In der Tabelle der Wellenlängen der europäischen Rundfunksender vermisse ich unter den Sendern zwischen Langenberg und Wien eine russische Station, die sich seit einiger Zeit auf den verschiedensten Wellenlängen zwischen 480 m und 510 m äußerst unangenehm in unserer Gegend bemerkbar macht. Es gelingt selten, diesen Sender rein zu empfangen, da er seine Welle nicht einhält und die Seitenbänder ein sehr unangenehmes Geräusch verursachen, was auf einen abgehackten Anodenstrom, wie ihn so viele russische Sender haben, schließen läßt.

Ich wundere mich, daß ich nie etwas über diesen Störenfried gelesen habe, denn meiner Ansicht nach muß er sich doch in Deutschland auch bemerkbar machen.

Gibt es keine Möglichkeit, derartigen, im offiziellen Wellenverteilungsplan nicht enthaltenen Lärmmachern und Störern des Rundfunks das Handwerk zu legen?

Dipl.-Ing. Schimmelbusch.

*

Transformatorenbleche. Welche Firma liefert Transformatorenbleche (legierte Bleche) von 0,4 bis 0,5 mm Stärke in Tafeln oder Streifen von mindestens 9 cm Breite bei Abnahme kleinerer Mengen? *A. Oetzing.*

[8]) M. v. Ardenne: „Über Anodengleichrichtung“, Jahrbuch 1927, Band 29, Heft 3, und „Die Gleichrichtung in Widerstandsempfängern“, „Funk“ 1927, Heft 8.

KRITISCHES LABORATORIUM

Besprechungen von Einzelteilen erfolgen kostenlos und ohne jede Verbindlichkeit für den Einsender; jedem Hersteller steht es frei, zwei Stück seiner Erzeugnisse zur Prüfung einzusenden, die in jedem Falle Eigentum der Schriftleitung bleiben, auch wenn eine Besprechung auf Wunsch des Einsenders unterbleibt. Den Prüfungsstücken ist möglichst ein Druckstock oder eine klischierfähige Abbildung sowie die Angabe des Ladenpreises beizufügen. Eine Gewähr, daß eine Besprechung in bestimmter Länge oder in einem bestimmten Heft erscheint, wird in keinem Falle übernommen.

Lautsprecher „Kallistophon".

Hersteller: „Kallistophon" G. m. b. H., München. Generalvertreter M. Galler, Charlottenburg, Dernburgstraße 28.

In der Beschreibung gibt die Firma folgendes an: „Das Kallistophon verwendet ein elektrodynamisches Magnetsystem, das im Gegentakt arbeitet, und dessen vier Spulen auf eine labile Zunge wirken. Der Anker ist demnach entlastet, wodurch erreicht wird, daß die Sinuskurve der akustischen Schwingung unverzerrt, also auf beiden Seiten gleich, wiedergegeben wird. Der angetriebene Fächer ist exzentrisch angeordnet, und zwar im Verhältnis des goldenen Schnittes, so daß jede der einzelnen Fächerfalten, die als T-Träger wirken, eine andere Eigenresonanz besitzt. Die Eigenschwingung der ganzen Membran umfaßt also den Bereich einer Oktave; diese ist natürlich nicht eng begrenzt, da die nötige Dämpfung durch das Einspannen des Fächers erreicht wird. Außerdem ist dem Magnetsystem eine Zungendämpfung beigegeben. Das ganze System ist außerordentlich empfindlich und spricht daher schon bei kleinster Empfangsenergie leicht an. Die äußere geschmackvolle Ausführung macht den Kallistophon zu einer Zierde jedes Raumes".

Wir haben hier einen trichterlosen Lautsprecher vor uns, dessen Ausführung in der Tat als geschmackvoll, originell und gut bezeichnet werden muß. Er besteht aus einem Holzring von 36 cm äußerem und 31,5 cm innerem Durchmesser. In diesen Ring ist (unter Zwischenlage von Filz) ein kreisförmiger Fächer aus dünnem Aluminiumblech eingespannt, der 71 Falten besitzt (Abb. 1). Das Antriebssystem ist exzentrisch angeordnet (Abb. 2), und zwar, wie in der Beschreibung angegeben, im Verhältnis des goldenen Schnittes, d. h. der Antriebspunkt ist von der Peripherie im Minimum 12 cm, im Maximum 19,5 cm entfernt.

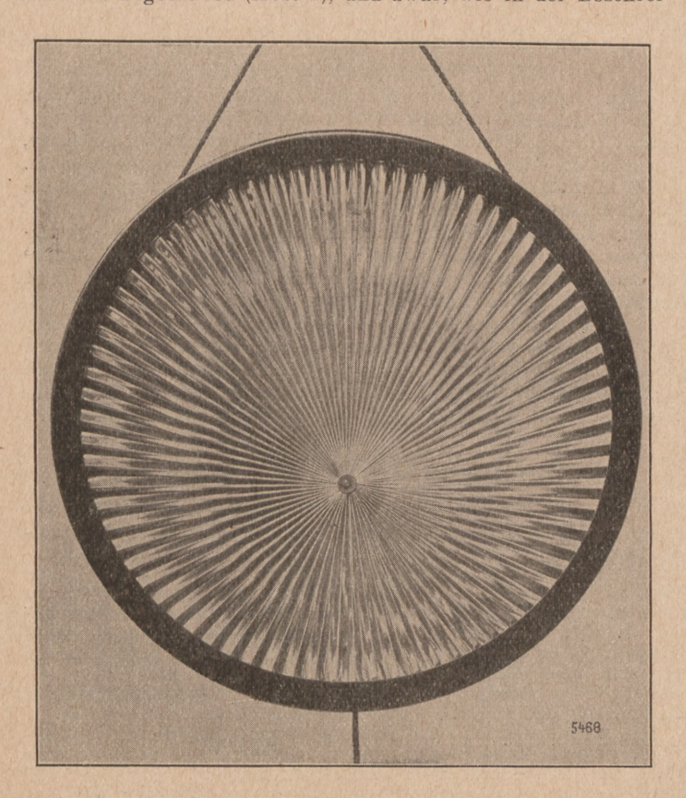


Abb. 1.

Der Gleichstromwiderstand des Systems wurde mit 4300 Ohm gemessen. Die Prüfung des Lautsprechers am Empfänger ergab, daß der Lautsprecher eine wider Erwarten große Empfindlichkeit besitzt. In 3 km Entfernung von dem Berliner Sender gelang es ohne weiteres, mit einem Detektorempfänger an einer Behelfsantenne eine so große Lautstärke zu erzielen, daß sowohl Sprache als auch Musik deutlich verständlich waren. Obwohl hier die Lautverstärkung durch den Trichter fehlt, ist die Lautstärke dennoch mindestens ebenso groß wie bei jedem Trichterlautsprecher. Der Klangcharakter muß ausgezeichnet genannt werden. Da der Lautsprecher die genannten günstigen elektrischen und akustischen Eigenschaften mit elegantem Aussehen vereint, können wir ihn unsern Lesern in der Tat bestens empfehlen.

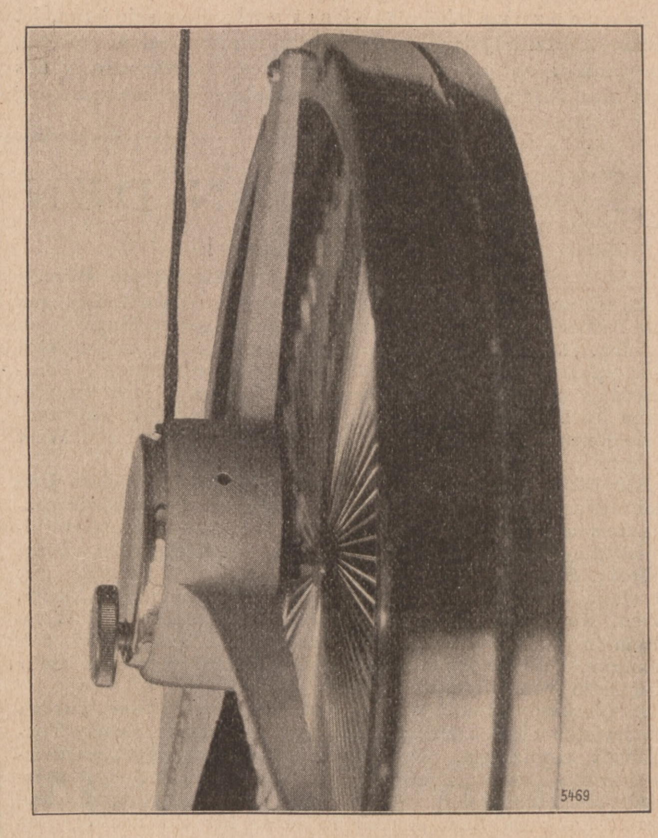


Abb. 2.

*

Hochohmwiderstand „Dralowid-Konstant-Universal".

Hersteller: Steatit-Magnesia A.-G., Berlin-Tempelhof. Ladenpreis 1,40 M. (Einzelpackung).

Die genannte Firma, die als Herstellerin des Hochohmwiderstandes „Dralowid-Konstant" bereits hinlänglich bekannt ist, bringt unter der Zusatzbezeichnung „Universal" eine neue Form ihres Hochohmwiderstandes mit besonders günstigen Anschlußmöglichkeiten heraus (siehe Abbildung).



Mit Hilfe von Klemmschrauben können Anschlußdrähte entweder seitlich oder an der Spitze festgeklemmt werden; mit Hilfe der mitgelieferten kleinen Kabelschuhe ist aber auch eine Lötung möglich. Schließlich kann man den Widerstand nach wie vor in den Widerstandshalter „Dralowid-Kontakt" einspannen. In der vorliegenden Form stellt der genannte Hochohmwiderstand in der Tat ein ausgezeichnetes, universell verwendbares Hilfsmittel für den Bastler dar. Die elektrischen Eigenschaften dieses Widerstandes sind genau die gleichen wie die des gewöhnlichen „Dralowid-Konstant".

Verantwortl. Hauptschriftleiter: Ludwig Kapeller, Berlin-Schöneberg. — Druck: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW68
Zuschriften an die Schriftleitung (Manuskripte, Anfragen usw.) nur nach Berlin SW68, Kochstr. 4. Fernruf: Hasenheide 2495.
Verlag: Weidmannsche Buchhandlung, Berlin SW68, Zimmerstr. 94. Postscheckkonto: Berlin 883 78. Sonderkonto „Funk".